VIII MEĐUNARODNA KONFERENCIJA

UGALJ 2017

Zlatibor, 11.-14. oktobar 2017.

8th INTERNATIONAL CONFERENCE

COAL 2017

Zlatibor, 11-14 October 2017

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

VIII MEĐUNARODNA KONFERENCIJA UGALJ 2017

ZBORNIK RADOVA

8th INTERNATIONAL CONFERENCE COAL 2017

PROCEEDINGS

Izdavač
Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju

Urednik
Prof. Dr Vladimir Pavlović

Tehnička priprema
Marijana Korakianiti, master inž.

Grafičko rešenje korica
Petar Maksimović

Tiraž
150 primeraka

Štampa
FineGraf, Beograd

ISBN 978-86-83497-24-9

VIII MEĐUNARODNA KONFERENCIJA
UGALJ 2017

8th INTERNATIONAL CONFERENCE
COAL 2017

ORGANIZATORI

Savez inženjera rudarstva i geologije Srbije, Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju
Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
Ring Deutscher Bergingenieure, Germany
Elektroprivreda Srbije
Elektropriveda Srbije - Ogranak Rudarski basen Kolubara
Elektroprivreda Srbije - Ogranak Termoelektrane i kopovi Kostolac

U ORGANIZACIJI UČESTVUJE

Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije

MEĐUNARODNI NAUČNI ODBOR

Zlatibor, 11-14. oktobar 2017.

SADRŽAJ

ANALIZA RIZIKA PLANA RAZVOJA EKSPLOATACIJE UGLJA U ISTOČNOM DELU KOLUBARSKOG BASENA

RISK ANALYSIS OF THE COAL MINING DEVELOPMENT PLAN IN THE EASTERN PART OF THE KOLUBARA BASIN

Arsenijević D.[1], Nikolić M.[2], Simić B..[3] Tomić G.[4]

Apstrakt

Analiza rizika realizacije plana razvoja eksploatacije uglja u istočnom delu Kolubarskog basena ima za cilj da ukaže da svaki plan, kao buduća aktivnost neminovno nosi sa sobom rizike realizacije. Istovremeno, rizici mogu da se smanje na najmanju meru, ili čak i da se potpuno eliminišu.Uspostavljanje procesa upravljanja rizicima u značajnoj meri može da smanji uticaj potencijalnih rizika i poveća pouzdanost kvalitetne realizacije plana razvoja eksploatacije uglja u istočnom delu Kolubarskog basena

Ključne reči: Plan razvoja, eksploatacija, dinamika, rizik, upravljanje

Abstract

The risk analysis of the realization of the coal mining development plan in the eastern part of the Kolubara basin aims to show that each plan, as a future activity, inevitably carries the risks of realization with it. At the

[1] Arsenijević Dragan,JP Elektroprivreda Srbije,Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[2] Nikolić Milivoje, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[3] Simić Branimir, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[4] Tomić Goran, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac

same time, the risks could be reduced to a minimum, or even completely eliminated. Establishing a risk management process can significantly reduce the impact of potential risks, and increase the reliability of quality implementation of the coal mining development plan in the eastern part of the Kolubara basin.

Key words: Development plan, mining, dynamics, risk, management

1. Uvod

Razvoj površinske eksploatacije uglja u Kolubarskom basenu planiran je Dugoročnim programom i predstavlja racionalno reagovanje na dinamizam poslovnog okruženja ali i sve izraženije prirodne, ekonomske i tehničko-tehnološke rizike vezane za sredinu u kojoj JP EPS-Ogranak RB Kolubara realizuje svoje poslovne ciljeve. Sa druge strane, planirani razvoj površinske eksploatacije uglja u Kolubarskom basenu mora da obezbedi pouzdano snabdevanje postojećih i eventualnu izgradnju novih termoenergetskih kapaciteta. Pouzdana eksploatacija uglja, odnosno odgovor na zahteve razvoja energetike svakako je, uz prirodne resurse, jedan od najvažnijih elemenata strateškog razvoja basena.

Dugoročnim programom, u istočnom delu basena planiran je dalji razvoj eksploatacije na površinskom kopu Polje D (kraj eksploatacije 2020.-2022. godine) i Polje C (kraj eksploatacije na kraju 2025. godine), a zatim nastavak eksploatacije iz Polja C na površinskom kopu Polje E (nastavak radova iz Polja C od 2026. godine). Planirana proizvodnja iz ovog dela basena je 14 do 15 miliona tona uglja u periodu do 2019. godine, posle čega se ustaljuje na oko 12 miliona tona uglja.

Ovaj period do kraja 2019. godine, može se smatrati kao period stabilizacije proizvodnje i obezbeđenja uslova za pouzdani razvoj eksploatacije uglja, a period posle 2020. godine kao period stabilnog razvoja ovog dela Kolubarskog basena. Period stabilizacije proizvodnje, obzirom na obim aktivnosti i investicija nosi sa sobom niz rizika koji su već uticali ili će imati značajan uticaj na ostvarenja plana razvoja eksploatacije uglja u istoćnom delu Kolubarskog basena.

2. Dinamika eksploatacije uglja u periodu stabilizacije proizvodnje

Prema planu razvoja i definisanoj dinamici eksploatacije uglja, krajem 2020. godine na površinskom kopu Polje D se završava eksploatacija a na Polju C 2026. godine. Obzirom na jedinstveni geološko eksploatacioni prostor u istočnom delu Kolubarskog basena, front radova na glavnom

ugljenom sloju na površinskom kopu Polje C nalazi se na geološkoj granici Polja C i Polja E tako da je njegov vek eksploatacije 9 godina, a vek površinskog kopa Polje D je 3 godine. Osim ova dva površinska kopa, na prostoru ležišta Polje E, u krovinskom ugljenom sloju otvoren je površinski kop Polje D-Južno krilo, kao nastavak eksploatacije uglja iz Polja D.

Planirana dinamika eksploatacije uglja u istočnom delu Kolubarskog basena u periodu stabilizacije proizvodnje prikazana je u Tabeli 1.

Tabela 1. Dinamika eksploatacije uglja u periodu stabilizacije proizvodnje

Površinski kop	**2017.**	**2018.**	**2019.**
Polje C	3,0	2,5	3,0
Polje D-E (J. Krilo)	4,0	3,0	3,5
Polje D (Vreoci)	7,5	7,5	6,0
Ukupno	**14,5**	**13,0**	**12,5**

Posle ovog perioda na površinskom kopu planirana godišnja proizvodnja iznosi 6 miliona t uglja, a na površinskom kopu Polje D-Južno krilo (Polje E krovinski sloj) je 5 miliona t uglja. Iz prikazane tabele vidi se da se kontinuitet potrebne proizvodnje uglja iz ovog dela basena održava proizvodnjom sa površinskog kopa Polje D, koji je u potpunosti razvijen, a da se na površinskim kopovima Polje C i Polje D-Južno krilo planira nedostajuća proizvodnja za ostvarenje proizvodnih bilansa. Zbog toga je neophodno da se u ovom periodu stabilizacije proizvodnje izvrše sve pripreme i realizuje veliki obim aktivnosti i investicija na površinskim kopovima Polje C i Polje D-Južno krilo, kako bi se u periodu posle zatvaranja površinskog kopa Polje D obezbedio kontinuitet proizvodnje koji će zadovoljiti planiranu dinamiku eksploatacije uglja. Treba posebno istaći da od realizacije planiranog razvoja površinska kopa Polje C u periodu do i posle 2019. godine, direktno zavisi i dinamika otvaranja površinskog kopa Polje E-podinski sloj, odnosno dalji ukupni razvoj eksploatacije uglja u istočnom delu Kolubarskog basena.

3. Analiza rizika realizacije plana razvoja eksploatacije uglja u periodu stabilizacije proizvodnje

3.1. *Rizik obima aktivnosti i investicija u opremu*

Za ostvarenje dinamike eksploatacije u istočnom delu Kolubarskog

basena planirana je postojeća osnovna oprema koja je u radu na površinskim kopovima Polje D-Severozapadni deo, Polje D-Južno krilo i Polje C. Osim postojeće opreme, za ostvarenje potrebnog kapaciteta planirana je i nabavka nove opreme i pomoćne mehanizacije. Potrebne investicije za osnovnu opremu i pomoćnu mehanizaciju prikazane su u Tabelama 2, 3, i 4, pojedinačno za svaki površinski kop na jedinstvenom prostoru Istočnog dela kolubarskog basena.

Površinski kop Polje C

Tabela 2. Potrebne investicije

Oprema	**Sistem**	**Ukupna investicija sredstva (€)**	**Godina investiranja**
Raspodelni uređaj B-2000	I BTO sistem	3.000.000	2017
Raspodelni uređaj B-1600	II BTO sistem	2.000.000	2017
Ukupno		**69.570.000**	

Površinski kop Polje D-Južno krilo

Tabela 3. Potrebne investicije za osnovnu opremu

Oprema	**Opis**	**Potrebna sredstva (€)**	**Godina ivestiranja**
Rotorni bager SRs 1200	Zamena dela elektrike (pogon)	5.000.000	2017
Rotorni bager SRs 1300	Revitalizacija	8.000.000	2018
Odlagač 8.800 rm^3/h	Novi	15.000.000	2017
Transporteri B-2000 mm	1 pogonska stanica, elektrika, trasa	15.000.000	2017
Transporteri B-1600 mm	Novi transp., 9 stanica, 10 km trase	20.000.000	2018
Transporteri B-1800 mm	Modernizacija pogona	8.000.000	2018
Ukupno		**71.000.000**	

Tabela 4. Potrebne investicije za nabavku pomoćne mehanizacije

Pomoćna mašina	**Potreban broj**	**Jedinična cena (€)**	**Ukupna cena (€)**	**Godina investiranja**
Buldozeri klase 360 kW	2	500.000	1.000.000	2017-2020
Buldozeri klase 230 kW	5	400.000	2.000.000	
Utovarači na gusenicama	2	185.000	370.000	
Utovarači na točkovima	1	350.000	350.000	
Hidraulični bageri	2	200.000	400.000	
Cevopolagači	2	500.000	1.000.000	
Čistači traka	2	250.000	500.000	
Autogrejderi	1	200.000	200.000	

Cisterne	3	70.000	210.000	
Terenska vozila	10	15.000	150.000	
Vozila za masovni	6	300.000	1.800.000	
Kamioni	8	125.000	1.000.000	
Kamion sa kranom	4	150.000	600.000	
Dizalice	3	500.000	1.500.000	
Kompaktori	1	120.000	120.000	
Viljuškari	2	100.000	200.000	
Ukupno			**11.400.00**	

Kako se vidi iz prikazanih tabela, u kratkom vremenskom periodu predstoji veliki obim kako aktivnosti i investicija u nabavku ili revitalizaciju osnovne rudarske opreme i nabavku pomoćne mehanizacije. U ovom domenu najveći rizici su vezani za pripremu dokumentacije za sprovođenje javnih nabavki i samo sprovođenje javnih nabavki kao i obezbeđenje potrebnih investicionih sredstava. Obzirom na prikazanu dinamiku realizacije aktivnosti i investicija, pomenuti rizici u značajnoj meri mogu da utiču na planirani razvoj i dinamiku eksploatacije uglja u ovom delu Kolubarskog basena. Ovaj rizik se sa aspekta verovatnoće i posledica može oceniti kao veliki.

3.2. Rizik izmeštanja javne infrastrukture i eksproprijacije

Za realizaciju planiranog razvoja eksploatacije u istočnom delu Kolubarskog basena u periodu do 2020-2022. godine potrebno je dislocirati značajne infrastrukturne objekte koji se nalaze na eksploatacionom polju i to:

- Izmeštanje državnog puta II b reda broj 363 (stari naziv R 201) I faza u dužini od oko 5,1 km.
- Privremeno izmeštanje reke Peštan-*by pass*.
- Konačna regulacija reke Peštan i kontrola oticaja poplavnih voda (izgradnja pet visokih brana sa pripadajućim objektima) do kraja 2022. godine.

Potrebne investici za izmeštanje pomenute infrastrukture su oko 40 miliona €.

Osim pomenutih aktivnosti i investicija za izmeštanje javne infrastrukture, u ovom periodu potrebno je i izvršiti eksproprijaciju na prostoru naseljenih mesta Zeoke, Medoševac i Burovo u iznosu od oko 15 miliona €.

U ovom domenu najveći rizici su vezani za pripremu dokumentacije za sprovođenje javnih nabavki i samo sprovođenje javnih

nabavki, obezbeđenje potrebnih investicionih sredstava kao i dobijanje potrebnih saglasnosti i dozvola od nadležnih državnih institucija. Rizici izmeštanja javne infrastrukture i eksproprijacije su ograničavajući faktor bilo kakvog razvoja eksploatacije a ovom prostoru i stim u vezi može oceniti kao veoma veliki.

3.3. Rizici vezani za zaštitu površinskog kopa od voda

Na prostoru Istočnog dela kolubarskog basena, značajnu ulogu u režimu podzemnih voda imaju površinski tokovi, od kojih je jedini stalan tok reka Peštan, koju karakteriše bujični karakter. U periodu pre formiranja površinskih kopova Polje D i Polje C, reka Peštan je predstavljala erozioni bazis slivnog područja, zone dreniranja izdani koje su zastupljene na terenu. Danas, usled dugotrajnog rada površinskih kopova kod izvorišta podzemnih voda Medoševac (neposredno) i Peštan (posredno), došlo je do znatnog obaranja nivoa podzemnih voda, pa reka Peštan predstavlja neposrednu zonu hranjenja aluvijalne (povlatne) izdani, a indirektno međuslojne i podinske.

Novi hidrogeološki uslovi na ovom prostoru, a iskustva iz poslednjih nekoliko godina to i potvrđuju, usloviće i značajno kompleksniji sistem odvodnjavanja površinskih kopova.

Planirani investicije u odvodnjavanje površinskih kopova u Istočnom delu Kolubarskog basena po godinama dati su u Tabeli 5.

Tabela 5. Troškovi za odvodnjavanje površinskih kopova (€)

Godina	**2017**	**2018**	**2019**
Površinski kop Polje C	77.318	2.465.840	1.749.240
Površinski kop Polje D	107.000	127.000	207.720
Površinski kop Polje D-Južno krilo	1.012.851	45.360	49.027
Ukupno	**1.197.169**	**2.638.200**	**2.005.987**

Kako se vidi, planirane investicije u ovom periodu nisu značajno velike ali su nužne i u ovom domenu jedini rizik je rizik izrade projektne dokumentacije i same realizacije projekata odvodnjavanja. Ovaj rizik, na bazi iskustva sa problemima odvodnjavanja površinskih kopova u poslednjih nekoliko godina na prostoru istočnog dela basena, može biti veliki, ali istovremeno se može i značajno umanjiti povećanjem tehnološke discipline i izvođenjem projektovanih objekata odvodnjavanja.

3.4. Rizici vezani za geološka istraživanja

Obzirom da se na površinskim kopovima Polje D i Polje C eksploatacija završava 2020. odnosno 2025. godine, predviđena su višenamenska geološka istraživanja manjeg obima kao, a na površinskom kopu Polje C i geološka istraživanja u funkciji sanacije unutrašnjeg odlagališta. Ova istraživanja, obzirm na obim ne predstavljaju veće rizike osim u domenu istraživanja vezanih za sanaciju odlagališta.

Zbog nedovoljne istraženosti ležišta, a u skladu sa dinamikom otvaranja površinskog kopa Polje E, planirana su geološka istraživanja, koja treba da se realizuje u periodu od 4 godine sa početkom 2016. godine.

Specifikacije geoloških radova i rekapitulacija ukupnih troškova istraživanja, po vrstama radova na ležištu Polje E prikazane su Tabeli 6.

Tabela 6. Troškovi geoloških istraživanja na ležištu Polje E

Naziv	**Iznos (€)**	**Dinamika**
Višenamenski istražni radovi - Istražno bušenje, 31.000 m - Ostali radovi	 1.860.000 170.000	Završetak 2019.
ILMS radovi	1.450.000	Završetak 2019.
Geotehnički istražni radovi	450.000	Završetak 2019.
Hidrogeološki istražni radovi	1.350.000	Završetak 2019.
Ukupno	**5.280.000**	

Rizik geoloških istraživanja u ovom delu basena uglavnom je vezan za dinamiku realizacije višenamenskih istraživanja na ležištu Polje E u funkciji dalje izrade investiciono tehničke dokumentacije otvaranja površinskog kopa.

4. Mere za smanjenje uticaja rizika na plan razvoja površinske eksploatacije uglja u istočnom delu Kolubarskog basena

Realizacija plana razvoja eksploatacije uglja u Kolubarskom basenu, pa samim tim i u njegovom istočnom delu, može se postići sveobuhvatnim, strateškim pristupom uz uvažavanje nestabilnih, stalno promenljivih uslova poslovanja. Ove karakteristike predstavljaju rizike koji su deo svakodnevnice poslovanja Ogranka RB Kolubara i proističu iz internog i eksternog okruženja, a za prevazilaženje pomenutih problema je od suštinskog značaja, da shvati kojim je rizicima izložena realizacija pojedinih aktivnosti i na koji način ti rizici utiču na ostvarivanje poslovnih ciljeva, kako bi se njima moglo da upravlja.

Upravljanje rizicima nije samo po sebi cilj, već je pre svega, sredstvo za ostvarivanje ciljeva. Ono ne deluje samostalno i nezavisno od ostalih procesa, već pomaže u odvijanju procesa upravljanja. Upravljanje rizicima je sastavni deo strukture upravljanja planom razvoj eksploatacije uglja u koje treba da omogući da se:

- predvide mogućnosti nepovoljnih okolnosti ili događaji koji bi mogli sprečiti ostvarivanje plana razvoja,
- unutrašnje kontrole i ograničeni resursi usmere prema ključnim procesima realizacije plana.

Efikasno upravljanje rizicima stvara dobre pretpostavke za donošenje odluka, efikasnost poslovanja, bolje predviđanje i veću pouzdanost ostvarenja plana razvoja, odnosno da se smanji ukupan obim neizvesnosti koje bi mogle biti pretnja uspešnoj realizaciji ovog plana.

Upravljanje rizicima može se realizovati samo ako se rizici prepoznaju i utvrdi njihov uticaj i posledice u funkciji realizacije plana. Drugim rečima, za realizaciju plana razvoja eksploatacije, potrebno je detaljno analizirati potencijalne rizike i prema nekoj od poznatih metodologija definisati njihov ukupni uticaj na realizaciju plana. Proizvod ovakvog sveobuhvatnog pogleda treba da bude registar rizika realizacije plana razvoja eksploatacije koji sadrži taksativno navedene rizike, ocenu njihovog uticaja na plan razvoja kao i mere koje je potrebno preduzeti kako bi se njihov uticaj sveo na najmanju moguću meru.

5. Zaključak

Prikazana analiza rizika realizacije plana razvoja eksploatacije uglja u istočnom delu Kolubarskog basena, svakako nije kompletna i detaljna i ima za cilj da ukaže da svaki plan, kao buduća aktivnost neminovno nosi sa sobom rizike realizacije. Istovremeno, rizici mogu da se smanje na najmanju meru, ili čak i da se potpuno eliminišu ako se njima upravlja.

Analizirani plan razvoja eksploatacije uglja u istočnom delu Kolubarskog basena je, sa aspekta dinamike realizacije, veoma kratkog roka i sadrži niz kompleksnih aktivnosti. Dinamika i ukupna kompleksnot realizacije plana u značajnoj meri povćavaju rizike, kako po broju tako i po uticaju. Uspostavljanje procesa upravljanja rizicima u značajnoj meri može da smanji uticaj potencijalnih rizika i poveća pouzdanost kvalitetne realizacije plana razvoja eksploatacije uglja.

Literatura

1. Fondovska dokumentacija EPS, RB Kolubara

ODREĐIVANJE OPTIMALNOG SISTEMA ODBRANE OD PODZEMNIH VODA KORIŠĆENJEM FUZZY-GWCS® APLIKACIJE

DETERMINING THE OPTIMAL GROUNDWATER CONTROL SYSTEM USING FUZZY-GWCS® APPLICATION

Bajić D.[1], Polomčić D.[2] Dašić T.[3], Ratković J.[4], Čokorilo Ilić M.[5],

Apstrakt

U cilju razvoja metodologije povodom rešavanja problema vezanih za odbranu od podzemnih voda i izbora optimalnog sistema odbrane od podzemnih voda, izrađena je namenska aplikacija FUZZY-GWCS® (Fuzzy - Groundwater Control System) u Centru za Modeliranje Podzemnih Voda. Ovom aplikacijom se vrše matematički proračuni pomoću jedne od metoda fuzzy optimizacije - fuzzy analitičko hijerarhijskog procesa. Od niza ponuđenih menadžment scenarija sistema odbrane od podzemnih voda dobijenih primenom metode hidrodinamičkog modeliranja, aplikacijom FUZZY-GWCS® se bira optimalno alternativno rešenje, analizirajući različite kriterijume i podkriterijume. U radu je prikazana primena ove aplikacije na površinskom kopu.

[1] Bajić Dragoljub, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[2] polomčić Dušan, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[3] Dašić Tina, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet
[4] Ratković Jelena, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[5] Čokorilo Ilić Marina,Univerzitet u Beogradu,Rudarsko-geološki fakultet

Ključne reči: Upravljanje podzemnim vodama, hidrodinamički model, fuzzy optimizacija

Abstract

In order to develop a methodology for solving problems related to groundwater defense, and choosing the optimal groundwater defense system, a purposeful application FUZZY-GWCS® (Fuzzy-Groundwater Control System) was developed in the Groundwater Modeling Center. This application uses mathematical calculations using one of the fuzzy optimization methods - a fuzzy analytical hierarchical process. From a range of offered management scenarios of groundwater protection systems obtained using the hydrodynamic modeling method, the FUZZY-GWCS® application chooses an optimal alternative solution, analyzing different criteria and sub-criteria. This paper shows using this application on a surface mine.

Key words: Groundwater management, hydrodynamic model, fuzzy optimization

1. Uvod

U mnogim slučajevima, kako bi se stekli povoljni uslovi za rad i život ljudstva mora se vršiti obaranje nivoa podzemnih voda. Za to su potrebni sistemi za odbranu od podzemnih voda, sačinjeni od objekata kojima se vrši dreniranje. Sistemi za odbranu od podzemnih voda koriste se za odbranu hidrotehničkih objekata, priobalja, meliorativnih područja, naselja i rudnika. Za potrebe rešavanja složenih hidrogeoloških i hidrodinamičkih problema kao što je odbrana od podzemnih voda kreiran je algoritam koji se sastoji iz 3 faze (Bajić, 2016).

- u prvoj fazi primenjuje se kompleksna hidrodinamička analiza kojom se omogućava adekvatno formiranje menadžment scenarija za odbranu od podzemnih voda, tj. sistema odbrane od podzemnih voda, kao i analiza efekata odbrane od podzemnih voda (Polomčić & Bajić, 2015);
- u drugoj fazi postavljaju se i detaljno analiziraju faktori koji utiču na izbor optimalnog sistema odbrane od podzemnih voda. Izdvojeni su sledeći, a koji se mogu smatrati univerzalnim: tehnički kriterijumi (vreme, prilagođenost hidrogeološkim uslovima, efikasnost, fleksibilnost i pouzdanost), ekonomski kriterijumi (investicioni troškovi, troškovi funkcionisanja sistema i troškovi održavanja) i kriterijumi uticaja na životnu sredinu (opadanje nivoa podzemnih voda, kvalitet i količina iscrpljenih voda i štednja energije) (Bajić et al., 2015);

- u trećoj fazi vrši se ocenjivanje kriterijuma, podkriterijuma i alternativa pomoću metode fazi analitičko hijerarhijskog procesa i donosi se konačna odluka o optimalnom sistemu odbrane od podzemnih voda. Ovakvim postupkom je u hidrogeologiju implementirana fazi optimizacija, koja omogućava donošenje odluke kod rešavanja problema u uslovima gde treba uvažiti postojanje više rešenja, a suprostavljenih kriterijuma, pri čemu se analizom svih postavljenih faktora dobija optimalno rešenje (Bajić et al., 2017).

Specifični algoritam, čiji se doprinos ogleda u optimalnom izboru sistema odbrane od podzemnih voda, formiran je zarad rešavanja aktuelnih i kompleksnih hidrogeoloških problema odbrane od podzemnih voda, a posebno rudnika - površinskih kopova na kojima se eksploatišu različite rude, kao na primer ugljevi (lignit) u R. Srbiji - Kolubarski i Kostolački basen.

Sprovedeno istraživanje koje je doprinelo kreiranju ovog algoritma, ukazuje na neophodnost interdisciplinarnog pristupa u povezivanju hidrogeologije sa drugim naučnim oblastima: povezivanja hidrogeologije i hidrodinamike sa fazi logikom, baziranoj na matematici i psihologiji, i povezivanja hidrogeologije i hidrodinamike sa višekriterijumskom optimizacijom (fazi optimizacijom) i sa odlučivanjem. Shodno tome, omogućena je održiva odluka o izboru sistema odbrane od podzemnih voda dobijena prethodnom hidrodinamičkom analizom.

2. Metodologija

U osnovi aplikacije FUZZY-GWCS® „nalazi se“ savremena metoda višekriterijumskog odlučivanja - fuzzy analitičko hijerarhijski proces. Postoji 7 koraka matematičkih proračuna kojima se dolazi do izbora optimalnog rešenja sistema odbrane od podzemnih voda. Prema pomenutim proračunima, koji su prikazani u radu (Bajić et al., 2017) kreirana je i ova aplikacija. Korišćenjem aplikacije FUZZY-GWCS® omogućeno je, u velikoj meri, brže rešavanje kompleksnih matematičkih proračuna i vršenje analize osetljivosti.

3. Istražno područje

Na primeru površinskog kopa Buvač (Bosna i Hercegovina), prikazana je primena FUZZY-GWCS® aplikacije. Površinski kop Buvač, uzev u obzir njegove karakteristike, predstavlja složen sistem propraćen intenzivnim promenama koje se dešavaju tokom eksploatacije mineralnih sirovina, a

značajnim i u pogledu problematike odbrane od podzemnih voda. Kompleksnim hidrodinamičkim modelom analizirana su 3 scenarija za odbranu od podzemnih voda, tj. sistema odbrane od podzemnih voda, kao i njihove karakteristike, broj drenažnih objekata i njihov raspored, potrebno vreme za maksimalne efekte snižavanja nivoa podzemnih voda i efekti rada sistema u funkciji obaranja pijezometarskih nivoa. Detaljna hidrodinamička analiza prikazana je u radu (Polomčić & Bajić, 2015).

4. Rezultati istraživanja - primena aplikacije FUZZY-GWCS® na primeru površinskog kopa

Fazi optimizacija, metodom fazi analitičko hijerarhijskog procesa (FAHP), i određivanje optimalne alternative sistema odbrane od podzemnih voda površinskog kopa Buvač urađeni su u aplikaciji Fuzzy-GWCS®, specijalno napravljenoj za te namene. Na slikama od 1 do 8 predstavljeni su „prozori” pomenute aplikacije.

Na Slici 1 predstavljen je osnovni „prozor” aplikacije Fuzzy-GWCS®, gde se u donjem delu mogu videti i ostali prozori: „ocenjivanje kriterijuma”, „ocenjivanje podkriterijuma”, „ocenjivanje alternativa”, „proračuni” i „OPTindex”.



Slika 1. Prozor Start aplikacije Fuzzy-GWCS®

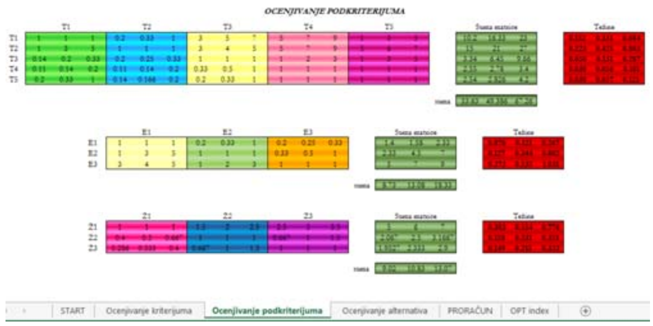
Ulazne elemente u program Fuzzy-GWCS® predstavljaju numeričke vrednosti lingvističkih varijabli (Bajić et al., 2014), koje su definisane FAHP skalom. Na Slici 2 prikazane su matrice kriterijuma u bojama, i to: za tehničke kriterijume - žuta boja, za ekonomske kriterijume - narandžasta boja i za ekološke kriterijume zelena boja, dok se u desnom delu, obleženog crvenom bojom, nalaze proračunate

vrednosti vektora težinskih prioriteta tih kriterijuma.

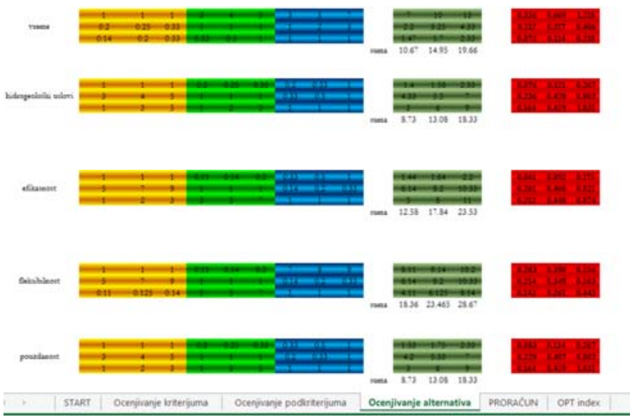


Slika 2. Prozor Ocenjivanje kriterijuma aplikacije Fuzzy-GWCS®

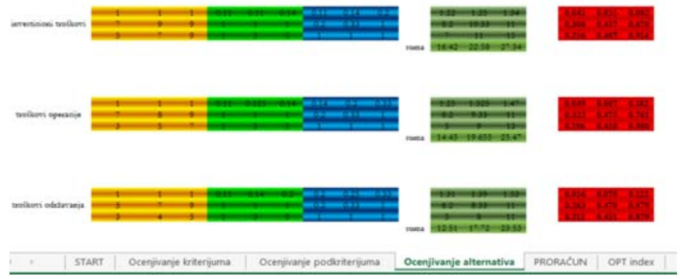
Na Slikama od 3 do 6 prikazane su matrice podkriterijuma, matrice alternativa, takođe, u crvenoj boji, kao i vrednosti proračunatih vektora težinskih prioriteta podkriterijuma u odnosu na posmatrani kriterijum i težine alternativa, poštujući sve navedene podkriterijume.



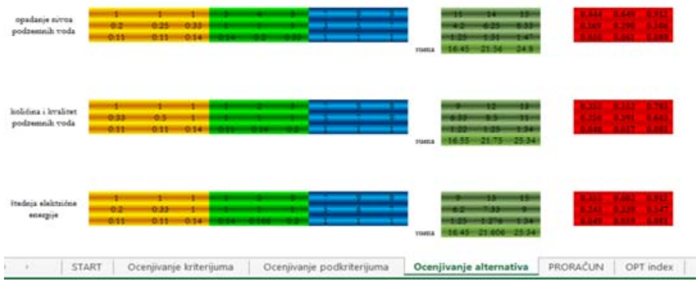
Slika 3. Prozor Ocenjivanje podkriterijuma aplikacije Fuzzy-GWCS®



Slika 4. Prozor Ocenjivanje alternativa aplikacije Fuzzy-GWS® za tehničke podkriterijume



Slika 5. Prozor Ocenjivanje alternativa aplikacije Fuzzy-GWCS® za ekonomske podkriterijume



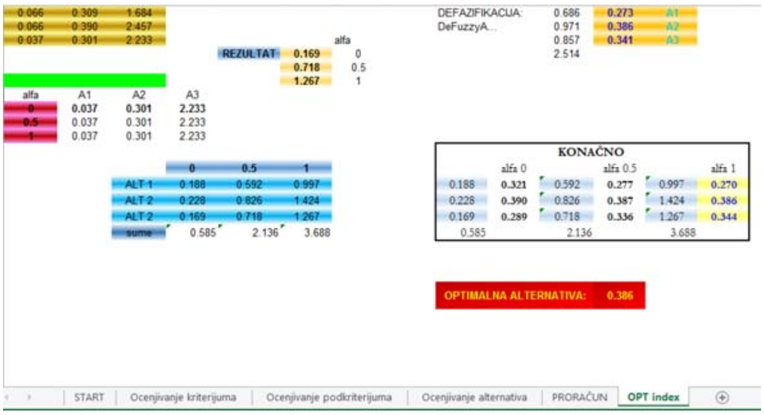
Slika 6. Prozor Ocenjivanje alternativa aplikacije Fuzzy-GWCS® za ekološke podkriterijume

Na Slici 7 prikazani su primena principa agregacije i proračun težina kriterijuma sa težinama svojih podkriterijumima i konačne vrednosti „težina“ podkriterijuma. Pored toga, računskim operacijama između „prozora” dobija se matrica performansi prikazana žuto-zeleno-ljubičastom bojom. Naposletku, u desnom uglu prikazane su proračunate konačne vrednosti sve tri alternative u vidu trougaonog fazi broja.



Slika 7. Prozor Proračun aplikacije Fuzzy-GWCS®

Na Slici 8 prikazani su defazifikacija i konačne težine alternativa u vidu ne-fazi broja.



Slika 8. Prozor OPT index aplikacije Fuzzy-GWCS®

5. Zaključak

Specifični algoritam, čiji se doprinos ogleda u optimalnom izboru sistema odbrane od podzemnih voda, formiran je zarad rešavanja aktuelnih i kompleksnih hidrogeoloških problema odbrane od podzemnih voda, kao i povodom odvodnjavanja različitih objekata, pod kojim se podrazumevaju: naselja, hidrotehnički objekti, priobalja, meliorativna područja i rudnici.

U radu je primenjen i testiran koncept određivanja optimalnog sistema odbrane od podzemnih voda pomoću aplikacije FUZZY-GWCS®, kreiranoj u Centru za Modeliranje Podzemnih Voda (Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za Hidrogeologiju), na izuzetno složenom primeru sa gledišta hidrogeologije odnosno hidrodinamike - odbrana od podzemnih voda ležišta mineralnih sirovina.

Primenom prikazanog algoritma doprinosi se kvalitetnom i održivom upravljanju problematikom odvodnjavanja na područjima i na objektima ugroženim od podzemnih voda.

Zahvalnica

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za finansiranje projekata OI-176022, TR-33039 i III-43004.

Literatura

1. Bajić D.: Fazi optimizacija u hidrodinamičkoj analizi za potrebe projektovanja sistema odbrane od podzemnih voda. (Fuzzy optimization in the hydrodynamic analysis for the purposes of groundwater control system design). Doktorksa disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, 296 pp.,2016.
2. Bajić D., Polomčić D. & Jemcov I.: The purpose of fuzzy logic in hydrogeological practice. In Cvetković V. (Ed.), Proceedings of the XVI Serbian Geological Congress, Donji Milanovac, Serbia, 22-25 May 2014, pp. 424-429. Belgrade: Serbian Geological Society. ISBN: 978-86-86053-14-5, 2014.
3. Bajić D., Polomčić D. & Močević J.: Factors that influence the selection of an optimal groundwater protection system at open-pit mines, Proceedings of the VII International Conference Coal 2015, Zlatibor, Serbia, 14-17 October, 2015, Pavlović V, Eds., Yugoslav Opencast Mining Committee: Belgrade; pp. 9-16, 2015.
4. Bajić D., Polomčić D. & Ratković J.: Multi-criteria decision analysis for the purposes of groundwater control system design, *Water Resources Management*, DOI: 10.1007/s11269-017-1777-4, 2017.
5. Polomčić D. & Bajić D.: Application of Groundwater modeling for designing a dewatering system: Case study of the Buvač Open Cast Mine, Bosnia and Herzegovina, *Geologia Croatica*, 68(2): 123-137, DOI: 10.4154/gc.2015.07, 2015.

VARIABILITY OF COAL ASH CONTENT FOR MINING OF COMPLEX ELGINSKY AND NERYUNGRINSKY DEPOSITS

VARIJABILNOST SADRŽAJA PEPELA UGLJA ZA EKSPLOATACIJU KOMPLEKSNIH LEŽIŠTA ELGINSKI I NERJUNGRINSKI

Batugina N.[1], Gavrilov V.[2] Khoiutanov E.[3]

Abstract

The authors discuss provisions for enhancing efficiency of different quality coal mining in South Yakutia based on the improved knowledge on geological reserves. Elginsky and Neryungrisky coal deposits having complex structure and nonuniform quality coal reserves require improved processes of quality control. Ash content varies in wide ranges too. For low dressable Elginsky coal, the ash content variation from bed to bed can reach 20-37%. The diagnostics of coal quality control at the Elginsky and Neryungrinsky coal complexes is evidence that the adopted design decisions can provide a given level of productivity of the opencast collieries. But high variability of ash content and coal dressability in the input coal flows to the dressing mill do not meet the requirements of the subsequent technological conversion.

---

[1] Batugina Natalia, Chersky Institute of Mining of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia
[2] Gavrilov Vladimir, Chersky Institute of Mining of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia
[3] Khoiutanov Evgenii, Chersky Institute of Mining of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia

Key words: Run-of-mine coal, hard coking coal, mining, quality, ash content, control

1 Introduction

Given the type of continuing and growing exigencies on quality of mineral resources and worsening of raw material base it is becoming necessary to put into operation complex structure and heterogeneous in the quality of coal deposits such as Elginsky and Neryungrinsky, located in the South Yakut coal basin (Fig. 1).

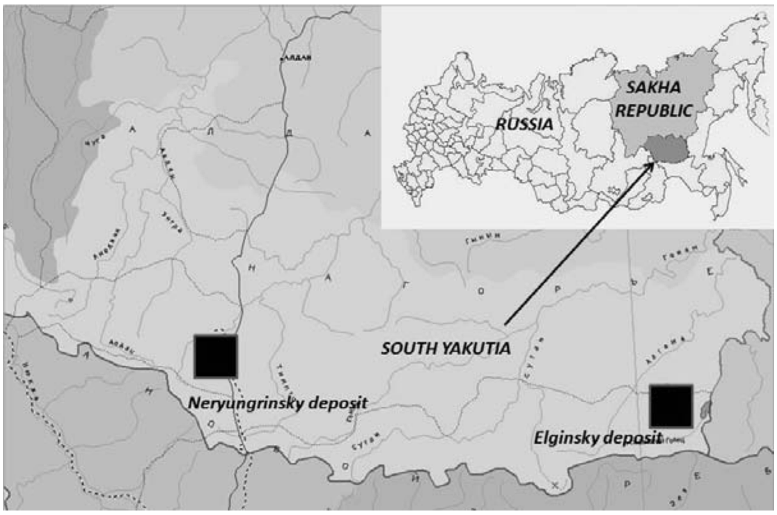


Figure 1 South Yakut coal basin

All deposits in South Yakutia are characterized by complex mining-geological conditions. These include: rugged relief; active seismicity; permafrost; transboundary aquifers; hard and fractured rocks; a wide amplitude of variability of the distance between coal beds; presence of a network of faults; differences in the coal grade composition between the beds; high variability of ash content; coal caking; concentrate yield; degree of oxidation of coal; complex boundaries of the zones of oxidized and non-oxidized coals, etc. [1-2].

The large-scale mining of the Neryungrinsky deposit began in the late 1970s. The design capacity of the opencast colliery was 13 million tons, including 9 million tons of hard coking coal, of which it was planned to produce 5.5 million tons of concentrate. The opencast mining will be completed within 10-15 years. At the same time, extensive experience in solving various geotechnological problems was

accumulated.

A large complex for the extraction and preparation of up to 35 million tons of coal per year is being formed on the basis of the Elginsky deposit. The first stage of the opencast colliery is under construction. In 2016 Elgaugol Company produced 3.95 Mt of coal. The preparation plant of the company produces concentrate to manufacture standard charred coal and to be used in PCI technologies. Its capacity is 3 Mt. The license area of the deposit is 62 km^2. The reserves for open-pit mining of twenty working coal beds of coking and energy coal are more than 2 billion tons. More than 80% of them are concentrated in 4 coal beds.

The coals of Elginsky and Neryungrinsky deposits are in demand on coking capacity, coking quality and low content of deleterious components. But their high ash content, hard and very hard dressability have had a substantial negative impact on value of run-of-mine coal and concentrate and, consequently, on effective mining of the deposit.

2 Analysis of changes in ash content of coal at the mining, coal preparation and dressing stages at the Elginsky deposit

The study of the quality of extracted coal and the search for additional reserves for its increase required the creation of a special Database of Elginsk Coal Sampling with use of GIS MINEFRAME. It includes information on preliminary and detailed exploration for more than 500 wells and 250 exploration ditches. The database involves various geological information systems, and the known and new-developed and adapted calculation methods [3-4].

Available data of continuous shift and daily coal quality control of Elgynsky deposit for the first seven months 2014-2015 reveal the nature of ash change of run-of-mine coal and its concentrate. Also, the compliance of the adopted coal quality control to the real conditions of the first stage of the mining of the deposit was previously estimated. During the period under review it was mined 1,420 thousand tons of coal of all grades, with about 748 thousand tons the most valuable hard coking coal.

Fluctuations in the ash content during the day of the extracted coal were in a wide range. The coal mined in open-pit has with an average ash content of 31.3%, but in some days ash content fluctuated in the range of 22.7-40.7% in January 2015 (Fig. 2).

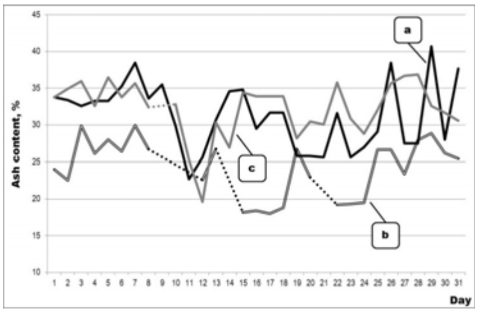


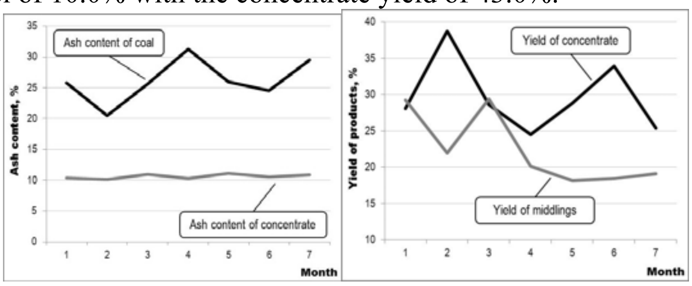
Figure 2 Ash content of hard coking coal, mined at the open-pit (a), supplied to the dressing mill (b) and shipped to consumers (c)

After analyzing the data on the results of the dressing mill for 7 months it could be affirmed the following. The concentrate yield was 34.6%, middlings - 22% of ash of run-of-mine coal 26.1%, ash of obtained concentrate 10.7% and ash of coal middlings 29.4% (Table 1, Fig. 3).

Table 1 Statistical characteristics of the dressing mill

Indicators	Coal		Concentrate		Middlings	
	A^d, %	yield, %	A^d, %	yield, %	A^d, %	yield, %
Average	26.1	34.6	10.7	29.4	21.9	22.0
Standard deviation	5.4	6.0	0.9	10.4	3.2	7.9
Coefficient of variation, %	20.8	17.5	8.4	35.4	14.8	35.9
Excess	0.2	0.3	4.1	2.7	2.1	1.4
Asymmetry	0.5	0.1	-0.4	1.2	1.1	0.7

This level doesn't correspond to the design parameters of the dressing mill, according to which the ash content of the concentrate should be at the level of 10.0% with the concentrate yield of 43.0%.



a) b)

Figure 3 Ash content (a) and yield of products from coal (b) in certain months

Analyzing the coal preparation at day / shift level, one can also talk about the existing instability of dressing processes. This applies to both run-of-mine coal (Fig. 3, b) and to the concentrate from coal (Fig. 4).

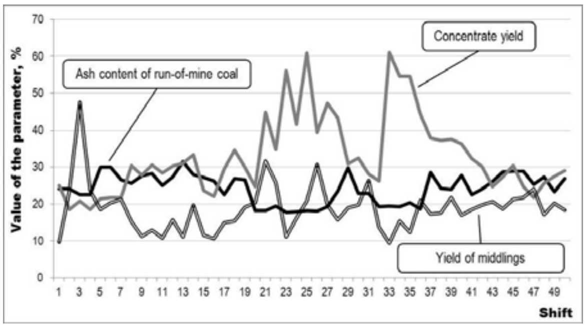


Figure 4 Ash content, concentrate yield and middlings for hard coking coal

It should be noted that without taking into account the peculiarities of the forms, types and interrelationships of mineral impurities of the coal that comes directly from a mine (run-of-mine), it is very difficult to predict the concentrate yield at the dressing mill by the ash of run-of-mine coal, its light fraction or concentrate yield, determined by geological sample [5-9]. Thus, with an average concentrate yield of 43.0% (project level for the first concentrator plant), the ash content of run-of-mine coal could be in the range of 15.0% to 35% or more. The concentrate yield varies from 22% to 50% and more with an ash content of 26.1% (average for the analyzed sample).

During the period under study project indicators of coal cleaning were not met. The concentrate yield was low, the ash content exceeded 10%, and the volume of waste reached to 50%. The quality of the coal shipped from open-pit did not meet the requirements of dressing mill due to the strong variability of the ash content.

Frequent changeability of inhomogeneity and varied in quality of the coal beds, high variability of ash content of run-of-mine coal and its concentrate yield have negatively affected on the level of use of geopotential of coal deposit.

3 Coal quality control system in Elginsky and Nerungrisky opencast collieries

Comparison of the approaches of coal quality control system in the Elginsky complex and Neryungrinsky that has been working for many

years, shows their certain similarity. The existing systems of quality control of coking coal for mining, dressing and delivering do not allow to fully «neutralize» the consequences caused by specific features of these complex structured deposits. These facts result in follows:

- significant variation of the main consumer properties of coal between shifts, days, weeks, beyond the permissible regulations, technical conditions or contracts level;
- relatively low yield of concentrate at significant fluctuations and, consequently, inappropriate use of the raw material base;
- heavy clogging of concentrate with middlings fractions, penetration of concentrate (up to 30%) into middlings;
- lack of a reliable forecast of coal quality in technological volumes by supplementary exploration and check sampling;
- insufficient level and volume of studies to optimize the particle size distribution of coking coal fed to enrichment, depending on the spatial location of the front of mining operations.

4 Conclusion

Thus, despite the accumulated operating experience, the main of the identified shortcomings and contradictions in the coal quality control system remained. The growth of the ash content of run-of-mine coal and the concentrate led to the need to divide the streams coming from the extraction faces into varieties at the expected dressability level (light, difficult). As a result, the emergence of several additional open storage facilities in front of the dressing mill, the introduction of separation, averaging and blending operations as part of the preliminary preparation of coal for concentrating.

The diagnostics of coal quality control at the Elginsky and Neryungrinsky coal complexes is evidence that the adopted design decisions, corrected by the practice, can provide a given level of productivity of the opencast colliery. At the same time, it should be noted incomplete conformity of used technological and organizational solutions used for high variability of ash content and coal dressability in the input coal flows to the dressing mill. This results in to obtain concentrate with ash content, which does not meet the requirements of the subsequent technological conversion; relatively low yield of concentrate, mutual clogging with middlings and large losses of coal.

Reference

1. Dubynina N. V. : Structuring of reserves of coal deposits of complex structure by quality levels. Journal of Mining Science. Vol. 6, p. 165-172., 2015
2. Freidina E. V, Botvinnik A. A., Dvornikova A. N.: Coal quality control in the context of international standards ISO 9000-2000 Journal of Mining Science, Vol 44, No 6. pp. 585-599., 2008
3. Certificate 2014621418, Russian Federation. Database of Elginsk Coal Sampling / Gavrilov V., Zakharova A. Y., Khoyutanov E. A.; Right Holder: Chersky Institute of Mining of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia. № 2014621143; declared 25.08.2014; pub. 20.11.2014; Bul. no 11.
4. Nagovitsyn O. V., Lukichev S. V.: Automated mining engineering tools in the system MINEFRAME. Bulletin of Mining, information and analytical (Russian Federation). No 7. pp. 184-192., 2013
5. Kayabasi A., Gokceoglu C.: Coal mining under difficult geological conditions: The Can lignite open pit (Canakkale, Turkey). Engineering Geology. Volumes 135-136, pp. 66-82., 2012
6. Yingde Li, Yanzhong Wu.: Study on whole process quality control in coal production based on industry engineering. Proceedings of 2008 International conference of logistics engineering and supply chain. pp. 886-890., 2008
7. Snowden D. V., Glacken I., Noppe M.: Dealing with demands of technical variability and uncertainty along the mine value chain. Publication Series - Australian Institute of Mining and Metallurgy. No 8. pp. 93-100., 2002
8. Budge G., Brough J., Knight J. Baker.: Process Review of the worldwide status of coal preparation technology/G. Budge, // Report No. Coal R199 DTI/Pub URN00/1205. RJB Mining consultancy Ltd. - 88 p., 2000
9. Aykul H., Yalcm E., Ediz I. G., Dixon-Hardy D. W., Akcakoca H.: Equipment selection for high selective excavation surface coal mining. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. V.107. pp. 195-210., 2007

PLANIRANJE, HOMOGENIZACIJA, ANALIZA I PRAĆENJE KVALITETA UGLJA U LEŽIŠTU RAŠKOVAC I TERMOELEKTRANI STANARI

PLANNING, HOMOGENISATION, ANALYSES AND MONITORING QUALITY OF COAL IN RASKOVAC DEPOSIT AND TPP STANARI

Blagojević T.[1], Lukić M.[2]

Apstrakt

Snabdevanje ugljem termoelektrane (TE) Stanari vrši se iz stanarskog basena. Ugalj određenog-planiranog kvaliteta iz ležišta Raškovac, se deponuje u termoelektranu u kojoj se vrši sagorevanje i proizvodnja električne energije. Analiza određenog broja uzoraka koji je dopremljen u termoelektranu se radi u laboratoriji TE, zbog kontrole uglja koji sagoreva u kotlu. Obradom uzoraka rovnog uglja se dobijaju određeni rezultati analize. Rezultati tehničke analize uglja daju informaciju o zadovoljavajućem kvalitetu za sagorevanje uglja i postizanje potrebnog kapaciteta rada termoelektrane.

Da bi se pripremio ugalj određenog kvaliteta, a u cilju uspešnijeg rada i dobijanja uglja potrebnog kvaliteta (donja toplota sagorevanja (DTS), vlaga, pepeo) za rad TE, vrši se uzimanje uzoraka rovnog uglja sa ležišta Raškovac i analiza kvaliteta uglja. Na osnovu dobijenih podataka

[1] Blagojević Tatjana, EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari, Stanari, BiH-Republika Srpska
[2] Lukić Milan, EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari, Stanari, BiH-Republika Srpska

prave se planovi otkopavanja i homogenizacije uglja za TE Stanari.

Ključne reči: ugalj, uzorci, kvalitet, homogenizacija, sagorevanje uglja

Abstract

The thermal power plant (TPP) Stanari is supplied with coal from the Stanari coal basin. Coal of a particularly-planned quality from the Raskovac deposit is deposited in a thermal power plant where the combustion and production of electricity is carried out. The analysis of a certain number of samples delivered to the thermal power plant is done in the TPP laboratory, due to the control of coal burnt in the boiler. The analysis of the samples of ore coal yields certain analysis results. The results of the technical analysis of coal provide information about the satisfactory quality of burning coal and achieving the required capacity of thermal power plants.

In order to prepare coal of certain quality, and for the purpose of more successful operation and obtaining of coal of the required quality (Low Calorific Value (LCV), moisture, ash) for the operation of the TPP, samples of coal are taken from Raskovac deposit for the coal quality analysis. Plans for the excavation and homogenization of coal required for TPP Stanari operation are made on the grounds of the analysis results.

Keywords: Coal, samples, quality, homogenisation, coal combustion

1. Uvod

Ugalj je heterogena sirovina i potrebna je dobra ocena kvaliteta, da bi se napravio plan otkopavanja uglja određene DTS i izvršilo deponovanje na TE u kojoj se vrši sagorevanje uglja i proizvodnja električne energije. Ležišta uglja na različitim lokalitetima su različite kalorične vrednosti. Ujednačavanje kvalitativnih performansi je prioritet u proizvodnji uglja. To je potrebno zbog konstantnog variranja kvaliteta tokom njegove eksploatacije. U cilju ujednačavanja kvaliteta uglja vrši se homogenizacija. Savremeni pristupi u rešavanju ovog problema promovišu proces homogenizacije uglja u cilju ujednačavanja kvaliteta. Potrebno je da se sa istom količinom postignu veće DTS, potpunije sagorevanje, smanjivanje upotrebe dodatnih aditiva u kotlovima termoelektrana i postizanju ukupne elektro-energetske efikasnosti sistema.

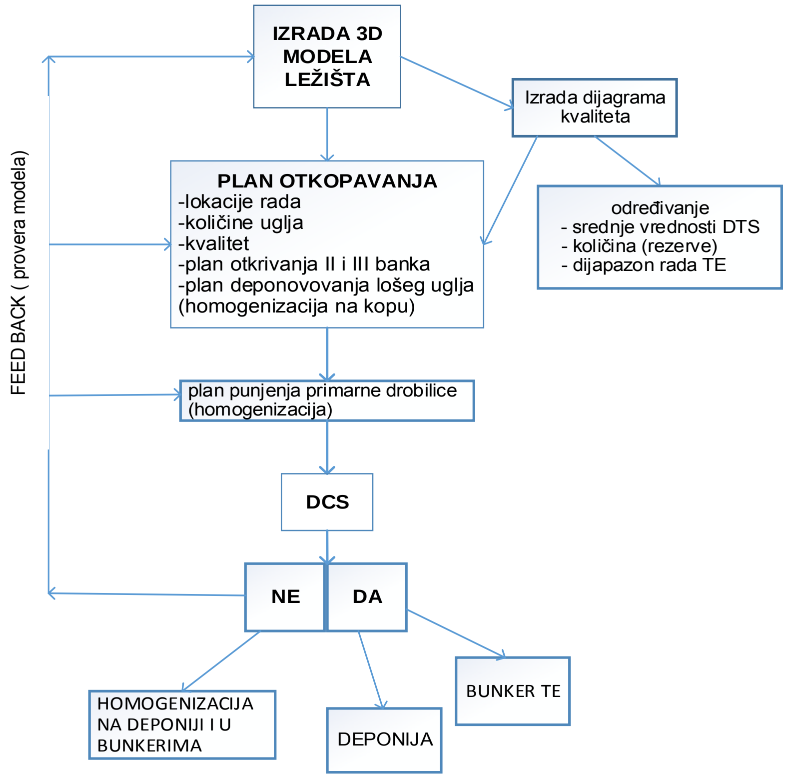
Ugljevi koji sagorevaju u ložištima parnih kotlova termoelektrane su najčešće niskokalorični, čiji organski i mineralni sastav stvara

nepovoljne uslove za njihovo sagorevanje. Obično ovi ugljevi imaju veliki sadržaj vlage i/ili pepela, a time i nisku kaloričnu moć, loše paljenje i nestabilno sagorevanje, stalno zašljakivanje ložišta i ogrevnih površina na izlazu iz ložišta, stalno prljanje konvektivnih ogrevnih površina i zagrejača vazduha, kao i veliko oslobađanje pepela i toksičnih gasova (oksidi azota, sumpora i sl.).

Zato su u tehnološkom procesu proizvodnje korisnog oblika energije u termoelektranama značajani faktori: pripremljenost uglja od deponije do ulaza u ložište parnog kotla, zatim obezbeđenje povoljnih uslova u ložištu parnog kotla za proces sagorevanja i transformaciju hemijske energije goriva u toplotnu energiju produkata i ostatka sagorevanja. Stvaranjem optimalnih uslova pripreme uglja obezbeđuje se pouzdano paljenje i proces stabilnog sagorevanja, pri čemu se pod optimalnom pripremom uglja za sagorevanje podrazumeva i izrada tehnološke karte za deponovanje uglja sa dinamikom odlaganja i uzimanja za svaki dan, poznavanje kvaliteta i količina uglja na deponijama, poznavanje tehničke i elementarne analize uglja iz rudnika, poznavanje elementarnog sastava pepela, ujednačavanje kvaliteta uglja kroz njegovo dobro mešanje i pravilno odlaganje na depoima termoelektrane, uz organizovano i usklađeno punjenje i održavanje nivoa uglja u bunkerima, kao i uzimanje uglja sa depoa, uz automatsko uzorkovanje uglja i izradu tehničkih i hemijskih analiza uglja iz kotlovskih bunkera, sa ciljem njegovog kontinuiranog praćenja sa aspekta kvaliteta i kvantiteta.

2. Planiranje kvaliteta uglja

Za pouzdan rad, TE mora biti konstruisana za tačno određene karakteristike uglja. Takođe, za pouzdan rad TE potrebno je da varijacija kvaliteta uglja, posebno DTS bude što manja. Da bi se moglo vršiti upravljanje kvalitetom uglja, polazi se od geoloških istražnih radova. Ovim istražnim radovima se utvrđuju sve potrebne karakteristike uglja da bi se mogla odrediti srednja vrednost DTS, rezerve uglja, ali i da bi se definisati tehnologija otkopavanja uglja i otkrivke. Posle geoloških istražnih radova je potrebno izraditi model ležišta (miniblokove kvaliteta) za svaki otkopani banak I, II, III i III2. Ceo postupak upravljanja kvalitetom uglja dat je na algoritmu (Slika 1).



Slika 1. Algoritam upravljanja kvalitetom uglja
** DCS-Distribution control system (elektronski proračunata vrednost DTS na osnovu parametara kotla)*

3. Homogenizacija kvaliteta uglja na površinskom kopu Raškovac

3.1. *Osnovna homogenizacija*

Poređenjem diskontinualnih i kontinualnih tehnoloških sistema proizvodnje, svakako su diskontinualni sistemi povoljniji za homogenizaciju kvaliteta, kao i za selektivno otkopavanje uglja. Ova prednost se potvrđuje na površinskom kopu (PK) Raškovac, gde se proizvodnja uglja odvija sa dva utovarna mesta, pomoću dva hidraulična bagera Komatsu PC1250 i 4-6 kamiona Komatsu HD465-7E0 u zavisnosti od potrebnih količina uglja. Ovakva tehnologija omogućava bezbroj promena utovarnih pozicija, odnosno izbor različitih kvaliteta uglja (Slika 2).



Slika 2. Zone otkopavanja uglja na PK Raškovac

Sledeća prednost za homogenizaciju kvaliteta je dobro projektovana (dimenzionisana i odabrana) oprema, koja omogućava istovremeno (dvostrano) istresanje dva kamiona sa ugljem različitog kvaliteta u prijemni koš primarne drobilice, čime se različiti kvaliteti idealno mešaju.

Ugalj kojim se puni primarna drobilica se homogenizuje na samom istovaru u primarnu drobilicu i kao takav se transportuje sistemom transportera direktno u bunkere, ili na deponiju uglja u krugu TE.

3.2. *Dodatna homogenizacija*

Nakon primarne drobilice ugalj se transportuje do sekundarne drobilice, a zatim odlaže na deponiju TE, i/ili produžava do tercijalne drobilice i dalje do bunkera u TE. U ovim operacijama vrši se dodatna homogenizacija uglja.

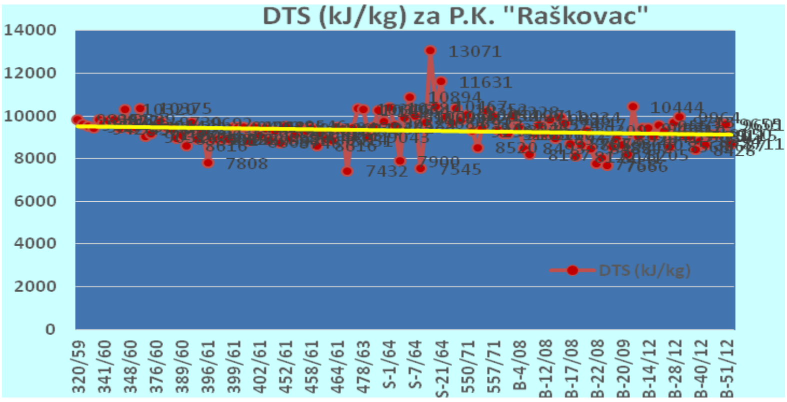
3.3. *Homogenizacija na kopu (predhomogenizacija)*

Ova metoda, ili način homogenizacije uglja se primenjuje u slučajevima kada je neophodno za kratko vreme iskopati ugalj najslabijeg kvaliteta. U ovakvim slučajevima ugalj najslabijeg kvaliteta se kopa i deponuje na površinskom kopu na što bliži blok uglja najboljeg kvaliteta, a potom se zajedno kopaju (mešaju u određenom odnosu) tovare u kamione i ponovo mešaju sa ugljem sa drugog utovarnog mesta (kod istresanja u prijemni bunker primarne drobilice). Nedostatak ove metode je dvostruki utovar uglja slabijeg kvaliteta. Takođe, deponije uglja na krovini pojedinih slojeva nastaju i deponovanjem energetskog uglja sa separacije. U zavisnosti od modela kvaliteta uglja radi se godišnji, mesečni i/ili dnevni

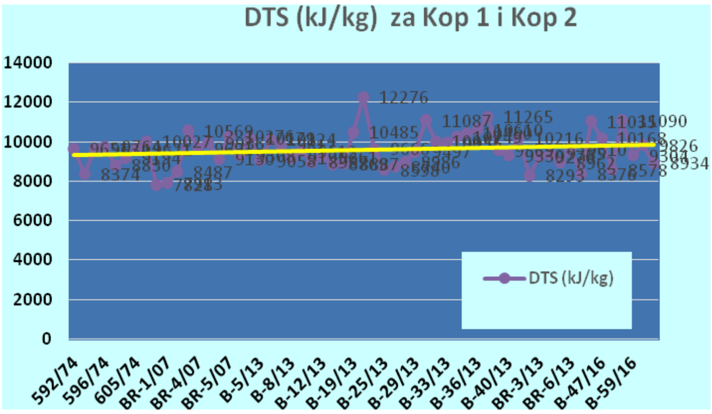
plan otkopavanja uglja.

4. Grafički prikaz analiza kvaliteta uglja

Na osnovu urađenih laboratorijskih analiza uglja iz jezgra bušotina izvedenih u prethodnom periodu, urađene su karte sadržaja DTS, vlage i pepela, dok se u toku samog procesa otkopavanja vrši uzorkovanje uglja koji se transportuje na TE, ide direktno u bunkere, ili na deponju TE. Dosadašnje analize uglja iz jezgra bušotina, prikazane su graficima (Slike 3 i 4).

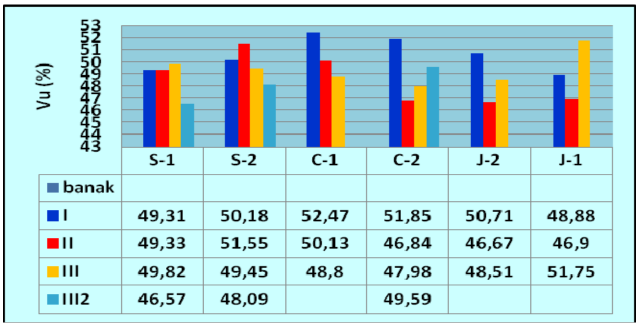


Slika 3. Grafički prikaz sadržaja DTS na PK Raškovac na osnovu izvedenih istražnih bušotina



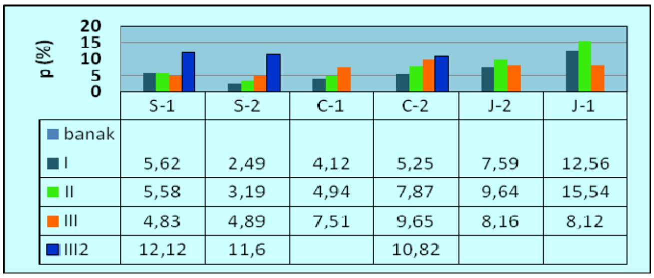
Slika 4. Grafički je prikaz sadržaja DTS na Kopu 1 i Kopu 2 na osnovu izvedenih istražnih bušotina

U toku jedne godine u svakom mesecu se u određenim zonama vrši uzimanje uzoraka rovnog uglja, u zavisnosti od napredovanja otkopavanja uglja. Analize uzoraka rovnog uglja uzetih na PK Raškovac po zonama u toku 2016. godine prikazani su na graficima (Slike 5, 6 i 7)



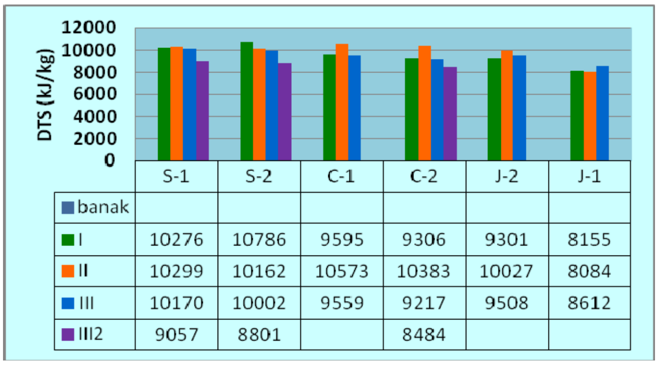
banak	S-1	S-2	C-1	C-2	J-2	J-1
I	49,31	50,18	52,47	51,85	50,71	48,88
II	49,33	51,55	50,13	46,84	46,67	46,9
III	49,82	49,45	48,8	47,98	48,51	51,75
III2	46,57	48,09		49,59		

Slika 5. Grafički prikaz sadržaja vlage na PK Raškovac na osnovu uzetih uzoraka rovnog uglja po zonama u toku 2016. godine



banak	S-1	S-2	C-1	C-2	J-2	J-1
I	5,62	2,49	4,12	5,25	7,59	12,56
II	5,58	3,19	4,94	7,87	9,64	15,54
III	4,83	4,89	7,51	9,65	8,16	8,12
III2	12,12	11,6		10,82		

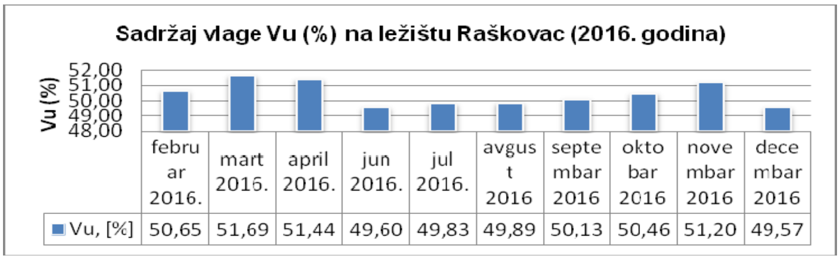
Slika 6. Grafički prikaz sadržaja pepela na PK Raškovac na osnovu uzetih uzoraka rovnog uglja po zonama u toku 2016. godine



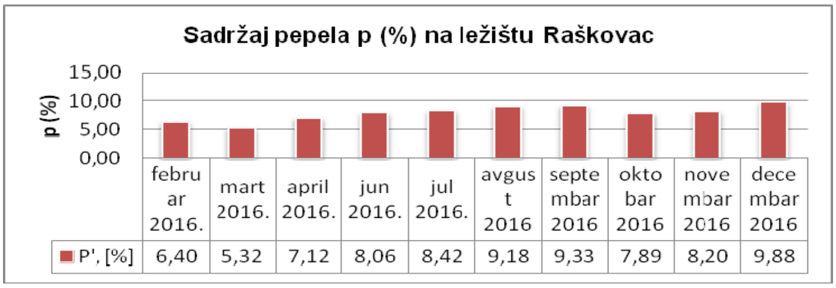
banak	S-1	S-2	C-1	C-2	J-2	J-1
I	10276	10786	9595	9306	9301	8155
II	10299	10162	10573	10383	10027	8084
III	10170	10002	9559	9217	9508	8612
III2	9057	8801		8484		

Slika 7. Grafički prikaz sadržaja DTS na PK Raškovac na osnovu uzetih uzoraka rovnog uglja po zonama u toku 2016. godine

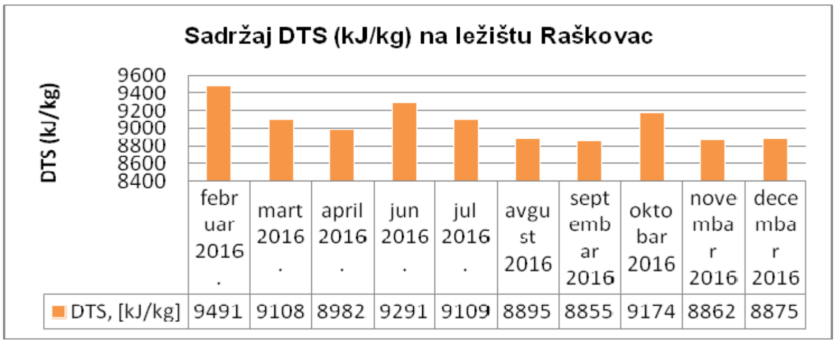
Nakon prve godine rada TE Stanari napravljena je analiza određenih parametara kvaliteta uglja. Ovi parametri su prikazani graficima (Slike 8, 9 i 10).



Slika 8. Grafički prikaz sadržaja vlage u uglju u toku 2016. godine



Slika 9. Grafički prikaz sadržaja pepela u uglju u toku 2016. godine



Slika 10. Grafički prikaz DTS na ležištu Raškovac u toku 2016. godine

Na osnovu analize uzoraka uglja koji se uzimaju na TE u toku proizvodnje, dnevno se dobijaju podaci o kvalitetu uglja. Na osnovu dnevnih podataka radi se dnevni, a po isteku meseca i mesečni ponder analiziranih uzoraka. Na osnovu podataka na grafiku je prikazan ponder DTS za avgust mesec 2017. godine. Ponder analiza u toku avgusta meseca prikazan je u Tabeli 1.

Tabela 1. Ponder analiza uzoraka uglja iz TE u avgustu mesecu 2017. godine

Param. analize	Vlaga (%)			Pepeo	Vezani ugljenik	S ukupni	Sag. materije	Ispar. materije	GTS	DTS.
	V_g	V_h	V_u		C_{fix} (%)	S_u (%)	S_m (%)	I_m (%)	H_g (kJ/kg)	H_d (kJ/kg)
Ponder	47,3	2,6	49,9	8,16	16,72	0,12	41,89	25,13	10847	9078

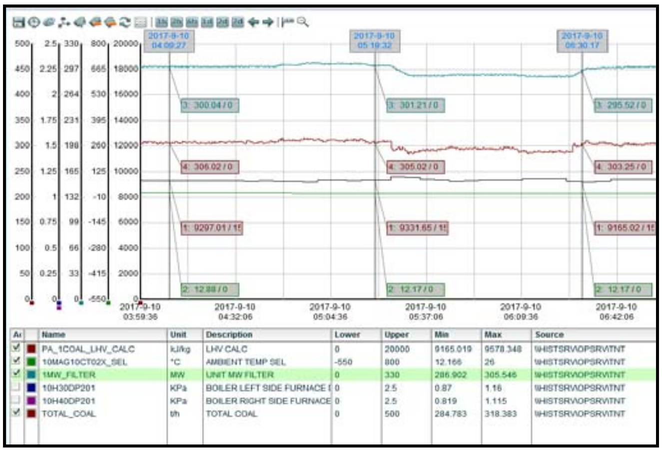
Ponder analiza uglja za avgust mesec prikazan je na grafiku (Slika 11).



Slika 11. Grafički prikaz pondera DTS u avgustu 2017. godine

5. Praćenje kvaliteta uglja

Konstantno praćenje kvaliteta uglja je obezbeđeno na termoelektrani na osnovu računskih parametara kotla (DCS) (Slika 12). Na osnovu dobijenih podataka imamo povratnu informaciju vrednosti DTS koja je ušla u kotao, koja nam služi za korekciju homogenizacije uglja na PK Raškovac.



Slika 12. Grafiči prikaz elektronskog praćenja kvaliteta uglja u TE Stanari (DCS)

Za homogenizaciju uglja koriste se podaci tehničke analize uzorkovanja svakog dela sloja gde je on otkriven (formirane zone na PK Raškovac, Slika 2). To daje preciznije podatke od uzorkovanja iz bušotine, gde je kvalitet određen za ceo paket uglja i na osnovu koga je napravljen model kvaliteta uglja.

6. Zaključak

U cilju boljeg planiranja, ocene kvaliteta uglja i sagledavanja trenutnog stanja na PK Raškovac vrši se uzorkovanje uglja. Na osnovu dobijenih rezultata analize uzorkovanja rovnog uglja, najbolje se može sagledati i oceniti koji delovi sloja uglja se mogu kombinovati (homogenizovati) da bi TE Stanari mogla raditi bez zastoja i postizala odgovarajući kapacitet.
PK Raškovac sa koga se vrši otkopavanje otkopavanje uglja ima veoma povoljan kvalitet, jer ugalj koji se prostire u ovom delu nema bitnije variranje parametara kvaliteta.

U toku prve godine rada TE Stanari, došlo se do zaključka da sistem kontrole DCS na TE Stanari kojim se vrši (svakodnevno iz sata u sat) kontrola kvaliteta uglja, daje pouzdane rezultate.

Na osnovu dobijenih podataka dobija se povratna informacija za korekciju kvaliteta (otkopavanja) uglja i homogenizacije na PK Raškovac. Zato se odustalo od nabavke i postavljanja *online* analizatora.

Literatura

1. Dopunski rudarski projekat PK Stanari za period 2016-2021. godine, Tehnički projekat eksploatacije, RI Banja Luka, 2015.
2. Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi uglja u ležištu Raškovac kod Doboja, stanje na dan 31.12.2016.godine, Jantar grupa d.o.o., Bijeljina, 2016.
3. Uprošćeni rudarski projekat odlaganja i oduzimanja uglja na deponiji uglja TE Stanari, RI Banja Luka, 2015.

VOSTOCHNAYA COAL WASHING PLANT IMPROVEMENTS

Bojarskiy D.[1], Frankland S.[2]

1 Background

Arcelor Mittal acquired the Temirtau Steelworks and associated iron ore and coal mines in Karaganda in 1994. The mines are located the Karaganda Regoin within 40 km of the town of Karaganda (see Figure 1).



Figure 1 Map of Kazakhstan

Figure 2 shows the location of the mines and coal cleaning plants around the town of Karaganda.

[1] Bojarskiy Dmitry, Coal Washing (AMT)
[2] Frankland Steve, Dargo Associates LTD

The complex includes 8 coal mines and two centralised coal cleaning plants. In 2008 a programme of improving the coal cleaning plants was commenced to bring the technology used in line with modern practice and to improve plant efficiency.

In 2010 fine coal treatment was improved at both plants by installing hydrosizers (Teeter Bed Separators or TBS). An improvement of 4% increase in plant yield was expected but the results was 5% increase.

The Vostochnaya plant is the larger of the two plants and located closer to the mines. The plant contained some 88 mechanical froth flotation cells in 11 banks of 8. Each cell had a 50kW motor. The total amount of coal treated in the flotation section is 100 tph and it was felt that this could be replaced be more space efficient pneumatic flotation units. If space could be created then dense medium cyclones could be installed in the existing building.

This paper describes the implementation of pneumatic flotation and the results obtained with some speculation on future improvements.

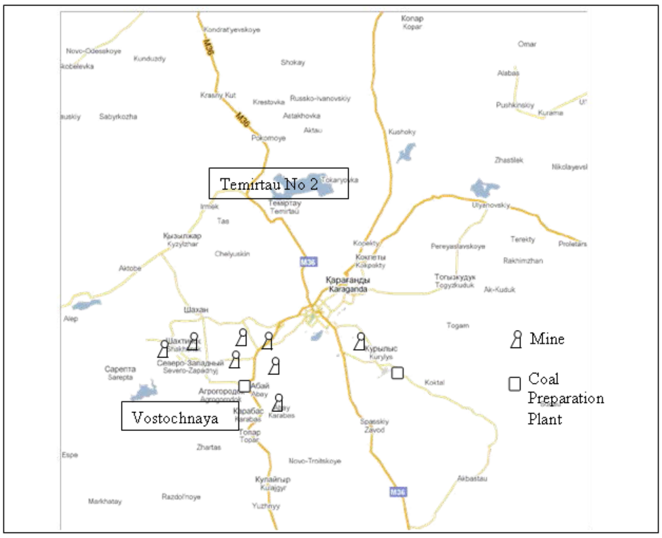


Figure 2 Location of Mines around Karaganda

2 Process selection

Processes considered were types of column flotation and Jameson cells. Considerable due diligence was done on the alternatives including a technical visit to 5 mines in Australia.

After discussions with operators and consideration of the layout requirements for Vostochnaya, Jameson cells were chosen.

As it would be necessary to remove some of the existing disc filters, it was also decided to install a horizontal belt filter to replace all of the existing vacuum disc filters.

The existing water circuit at Vostochnaya is very complex with considerable recirculation between the different processes. This will be simplified in the future but for this project the water circuit must be generally maintained.

It was decided that two Jameson cells would be required to treat 100 tph of flotation feed with a nominal top size of 0.2 mm. After consultation with Australian operators and with Xstrata, a serial configuration was chosen in preference to operating the two machines in parallel.

After a tendering process, MEP was chosen as the main contractor to provide all engineering, equipment, construction oversight and commissioning.

3 Construction

Two half banks of flotation cells were removed from service and demolished together with three disc filters, in order to make room for the new Jameson cells and the Delkor Filter.

MEP's flow diagram is shown in Diagram 1.

Construction took 18 months from the award of contract to the start of commissioning.

The installation is compact fits well into the existing plant as shown in Figure 1, Figure 2 and Figure 3.



Figure 3 Jameson Cell and Delkor Filter Installation



Figure 4 Jameson Cell Installation

All equipment has easy access for maintenance with the overhead crane.

The Jameson cells comprise two 7m diameter units with 24 downcomers per unit. Jameson cells work by pumping feed slurry through an orifice and entraining air pulled in by venturi action as shown in Figure 4.

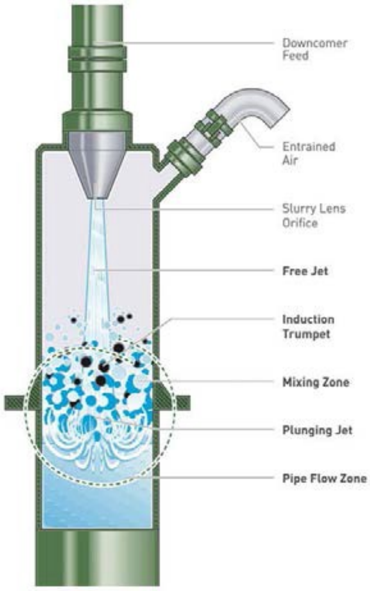


Figure 5 Jameson Cell Downcomer

Pressurized slurry enters downcomer through a nozzle at high velocity (typically 15-17 m/s) and a typical feed pressure of 130-170 kPa

or 19-25 psi. The jet plunges into the slurry surface causing the entrained air to shear into fine bubbles. Residence time in each downcomer is only several seconds. Slurry and the collected particles exit downcomer into the tank where particle laden bubbles are separated from the pulp.

The Delkor Filter is 4m wide and 20m long. Vacuum is provided by a single liquid ring vacuum pump model 2BE4 from Nash.

4 Results

Initial results with the Jameson cells were somewhat disappointing. Despite assistance from Xstrata, Nalco and other, final tailings ash content remained stubbornly below 60%. Froth ash was however, very good normally at about 6% to 8%.

The froth also contained a high percentage of coarse material (plus 0.5mm) demonstrating that the Jameson Cell is capable of floating coarser coal. However the presence of plus 0.5mm material indicated that the plant hydrocyclones were cutting at too coarse a size and new vortex finders were installed.

Following the change tailings quality improved significantly and now 70% ash tailings are commonly reported. The results for April 2017 are summarised in Table 1.

Table 1 Jameson Cell Results for September 2015

Stream	**Average Ash %**	**Range Ash %**
Feed	23.7%	13.3% - 34.5%
Primary Concentrate	6.7%	4.8% - 10.7%
Primary Tailings	43.9%	32.4% – 59.1%
Secondary Concentrate	12.3%	9.9% - 18.1%
Secondary Tailings	70.0%	44.5% - 72.5%

Results continue to improve and as operator experience increases it is expected that results will also improve. There is no doubt that the variability of the plant feed has an adverse effect on the results. However, the mix of coal being fed to the plant varies from hour to hour as source coal availability changes. Homogenisation of the plant feed would improve consistency, but this will have to wait for a later project.

The Delkor filter has operated well from the start. Cake is consistently thick (see Figure 4) and with a cake moisture of 23% which is 3% lower than the vacuum disc filters previously in use.

Presently the Delkor Filter is not able to process all the flotation concentrate and the vacuum disc filters are still being used. A project is

currently underway to utilise one the four tailings thickeners to thicken the feed to the filter. This will greatly increase the throughput of the filter and further reduce the moisture content of the cake.



Figure 6 Delkor Filter Cake

5 Comments

The installation of the Jameson cells has been a great success for the Vostochnaya Washery. Despite some initial problems with lower than expected yield, changes to the plant circuit have resulted in much better results.

The solids content of the froth from the Jameson cell is less than expected. The froth does not overflow from the cell unless it is maintained with a high degree of mobility. This essentially means that the solids content must be kept at a low level. Attempts to increase froth depth have resulted in a lack of mobility and lower overflow rates.

The result of the lower solids content is that the Delkor filter cannot deal with the full output of concentrate from flotation. Fortunately Vostochnaya plant has four 30m diameter thickeners, which is more than it needs for thickening of flotation tailings. One of these will be converted to a froth thickener to reduce the water that needs to be removed by the Delkor.

In addition, the Jameson cell is better at floating the fine material and some coarse material is not recovered. Several schemes are being considered to recover this material.

6 Future projects

The Temirtau No 2 Plant feeds directly into coke ovens and high moisture is causing long term damage to the ovens. To reduce the moisture, plate and frame filter presses have been installed to replace the existing vacuum disc filters. These should reduce the moisture content of the

flotation concentrate from 25% to less than 20%, thereby reducing the total concentrate from 11.5% to 10.5% moisture.

At the time of writing this paper the filters have just been installed and no results have been confirmed. More details of the results will be presented at the conference.

It is still envisaged to install dense medium cyclones into Vostochnaya and a design study contract is about to be let. The cyclone plant will comprise one or two modules of two stage cleaning with a capacity of 600 tph per module.

Each module will be complete with desliming screens and new centrifuges and will fit in the space created by the replacement of the mechanical cells as previously described.

OPTIMIZACIJA OBLIKA, DIMENZIJA I RASPOREDA ZUBA NA VEDRICAMA ROTORNIH BAGERA U FUNKCIJI POVEĆANJA KAPACITETA PRI OTKOPAVANJU MATERIJALA SA POVEĆENOM ČVRSTOĆOM

OPTIMIZATION OF SHAPE, DIMENSIONS AND POSITIONS OF TEETH ON BUCKET WHEEL EXCAVATORS IN FUNCTION OF OUTPUT INCREASE DURING MINING OF MATERIALS WITH INCREASED STRENGTH

Bošković S.[1], Ignjatović D.[2], Pavlović V.[3], Lasica N.[4], Marković M.[5]

Apstrakt

Neusklađenost konstruktivnih karakteristika sa fizičko-mehaničkim karakteristikama radne sredine, posebno u materijalima sa povećanom čvrstoćom, ima za posledicu drastično smanjenje kapaciteta rotornog bagera, povećanje broja i dužine zastoja, prekomjerno habanje zuba, pucanje vedrica, pucanje rotora i strijele rotora, pa čak i cijele konstrukcije.

Dosadašnjim istraživanjima ove problematike je dokazana mogućnost praktičnog povećanja raspoložive rezne sile bagera i optimalno iskorišćenje tehničko-tehnoloških mogućnosti bagera uz maksimalnu zaštitu bagera od nepovoljnih dinamičkih udara tokom rada.

U ovom radu je posebno ukazano i na potrebu dodatne analize

[1] Dr Bošković Saša, Rudnik i TE Gacko
[2] Prof. DrIgnjatović Dragan, Univerzitet u eogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[3] Prof. Dr Vladimir Pavlović, CPE, Beograd
[4] Nenad Lasica, Rudnik i TE Gacko
[5] Zoran Marković, Rudnik i TE Gacko

konstruktivnih parametra vedrica rotora čijom optimizacijom se može postići dodatno povećanje rezne sile bagera, a samim tim i njegovog kapaciteta. Ovo se, pre svega, odnosi na: oblik, dimenzije i raspored zuba na vedricama.

***Ključne reči*:** Rotorni bager, oblik zuba, dimenzije zuba, kapacitet, optimizacija

Abstract

The mismatch of constructive characteristics with physical and mechanical characteristics of the working environment, especially when dealing with materials with increased strength, results in a drastic reduction in capacity of the bucket wheel excavator, an increase in the number and duration of halts, excessive teeth wear, buckets bursting, breaking the wheel and bucket wheel boom, and even the whole construction.

Previous research of this problem has proven the possibility of practically increasing the available cutting force of the excavator and optimizing the technical and technological capabilities of the excavator, with the maximum protection of the excavators against adverse dynamic impacts during operation.

This paper especially points out the need for the additional analysis of the constructive parameters of the buckets, the optimization of which could result in an additional increase of the cutting force of the excavator, therefore also increasing its capacity. This primarily refers to: the shape, the dimensions and the arrangement of the teeth on the buckets.

Key words: Bucket wheel excavator, shape of teeth, dimensions of teeth, output, optimization

1. Uvod

Kapacitet rotornog bagera zavisi od velikog broja faktora među kojima se mogu istaći: fizičko-mehaničke karakteristike radne sredine, konstruktivne karakteristike bagera, režim rada i tehnološki parametri bloka, odreska i reza.

Pravilan izbor rotornog bagera za rad na nekom površinskom kopu u prvom redu zavisi od usklađivanja konstruktivnih karakteristika sa fizičko-mehaničkim karakteristikama radne sredine. Međutim, nije rijedak slučaj da radna sredina nije dovoljno istražena i da materijal koji se otkopava ima povećanu čvrstoću. Samim tim, ni izbor konstruktivnih

karakteristika rotornog bagera nije adekvatan što u toku eksploatacije dovodi do niza problema i zahtijeva istraživanje mogućnosti poboljšanja ili izmjene konstruktivnih i tehnoloških parametara rada rotornog bagera.

Izvršenim istraživanjima je ustanovljeno da se izvjesna poboljšanja u radu rotornog bagera na otkopavanju materijala sa povećanom čvrstoćom mogu postići povećanjem snage pogona rotora i optimizacijom tehnoloških parametara reza i odreska. Dokazano je da se optimizacijom navedenih parametara može povećati rezna sila bagera čime se povećava njegov kapacitet uz maksimalnu zaštitu bagera od nepovoljnih dinamičkih udara tokom rada. U toku istraživanja ukazala se potreba optimizacije i određenih konstruktivnih parametara zuba vedrica rotora što bi u značajnoj mjeri moglo poboljšati performanse i kapacitet rotornog bagera.

Dat je kratak osvrt na rezultate istraživanja praktičnih mogućnosti povećanja kapaciteta rotornog bagera ER 1250 pri otkopavanju materijala sa povećanom čvrstoćom povećanjem snage pogona rotora i optimizacijom parametara reza, koji su ukazali na nedostatke i potvrdili potrebu daljih istraživanja optimizacije konstruktivnih parametara zuba vedrica rotora.

2. Kratak prikaz dosadašnjih istraživanja mogućnosti povećanja kapaciteta rotornog bagera ER 1250

Istraživanja mogućnosti povećanja kapaciteta rotornog bagera pri otkopavanju materijala sa povećanom čvrstoćom povećanjem snage pogona rotora i optimizacijom parametara reza su realizovana na teorijskom i eksperimantalnom nivou na rotornom bageru ER 1250 koji radi na površinskom kopu Gacko. Na taj način je otvoren, sagledan i determinisan problem, sagledana moguća i odabrana optimalna rešenja i izvršena praktična provjera dobijenih rezultata sa realnim podacima u uslovima radne sredine sa povećanom čvrstoćom.

Istraživanja su vršena u dvije faze:

- prva faza je podrazumijevala povećanje specifične sile kopanja bagera zamjenom pogona, odnosno povećanjem instalisane snage pogona rotora,
- a druga, povećanje specifične sile kopanja kroz optimizaciju vrste i parametara reza.

U prvoj fazi je urađen numerički model strijele rotora, zatim izmjerene vibracije na strijeli sa starim pogonom, predložena i urađena rekonstrukcija pogona rotora i na kraju su izmjerene vibracije sa novim

pogonom. Izmjerenim vibracijama dokazana je ispravnost konstrukcije i ispravnost revitalizacionog postupka zamjene pogona rotora. Vibracije su iskorišćene kao odličan dijagnostički parametar koje daju informacije za donošenje ispravnog krajnjeg stava o daljim aktivnostima.

Terenska mjerenja vibracija vršena su u tri navrata sa starom konstrukcijom tokom marta i juna 2012. godine i nakon revitalizacije bagera, odnosno nakon ugradnje novog pogona i rotora tokom marta 2013 godine. Tokom prvog mjerenja rotorni bager je radio u regularnom bloku, a materijal je bio povećanog otpora na kopanje. Detaljni rezultati ovih istraživanja su dati u radovima [1, 2, 3, 6, 7 i 8], a ovde je dat samo kratak osvrt na te rezultate.

Mjerenja na strijeli rotora prije revitalizacije ukazala su na nepovoljno dinamičko ponašanje strijele rotora koje se ogleda u sledećem:

- registrovane su izuzetno velike vrijednosti ubrzanja, koje su se kretale i preko 3G;
- dominantne frekvence pogonske grupe i strijele su oko 5, 6 i 8 Hz, odnosno 300, 360 i 480 min^{-1};
- izmjerene amplitude (maksimalne vrijednosti) za frekvenciju od 5 Hz su išle i preko 1,5 m/s^2.

Niske frekvencije se izuzetno negativno odnose na noseću čeličnu konstrukciju, a posebno na strijelu rotora. U zavisnosti od funkcije zamora materijala, procjena je bila da će u određenom periodu doći do otkaza pa i do mogućeg loma konstrukcije. Ovo je i bio jedan od glavnih razloga za zamjenu starog pogona rotora novom izvedbom i boljim vješanjem za strijelu.

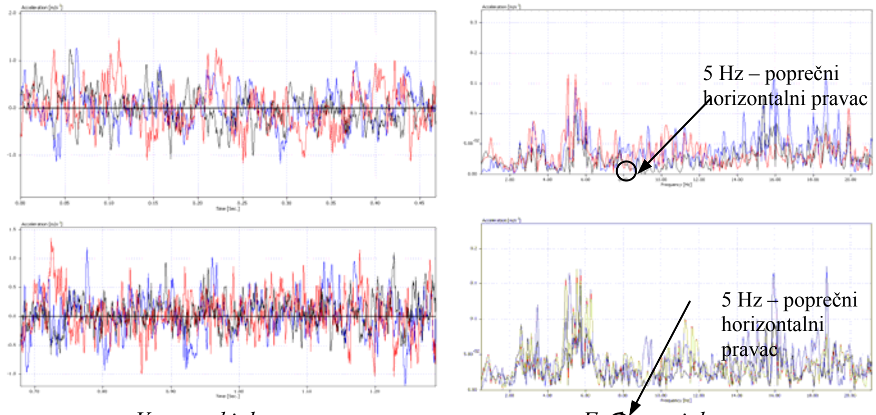
Početkom 2013. godine izvršena je revitalizacija bagera i zamena pogona rotora (Slika 1).



Slika 1. Novi pogon rotora rotornog bagera ER 1250

Mjerenja nakon završene revitalizacije su izvršena na istim pozicijama kao i tokom mjerenja prije revitalizacije pogonske grupe. Tokom mjerenja korišćena je ista aparatura za mjerenje. Na Slici 2

prikazani su rezultati mjerenja ubrzanja u vremenskom i frekvetnom domenu nakon zamjene.



Vremenski domen *Frekventni domen*

Slika 2. Karakteristični dijagrami vibracija posle revitalizacije (vremenski i frekventni domen)

Prethodna mjerenja na strijeli rotora ukazuju na povoljnije dinamičko ponašanje nego prije revitalizacije, koje se ogleda u sledećem:

- registrovane su niže, ali i dalje velike vrijednosti ubrzanja koje se se kretala i do 1G,
- dominantne frekvence pogonske grupe i strijele su i dalje oko 5, 6 i 10 Hz (300, 360 i 600 min^{-1}), ali sa dosta nižim amplitudama (maksimalne vrijednosti su se kretale do oko 0,1-0,15 m/s^2);
- uvođenjem novog pogona, postignut je dosta viši stepen krutosti cijelog sistema;
- vrijednosti izmjerenih amplituda na karakterističnim mjernim tačkama su za 10-15 puta manje nego sa starom izvedbom pogona rotora.

Nakon izvršene zamjene rotora pokazalo se da je dinamičko ponašanje bagera znatno bolje nego prije zamjene, ali i nedovoljno dobro. Zato se pristupilo istraživanjima optimizacije vrste i parametara reza kao osnovnog tehnološkog parametra rada rotornog bagera. Istraživanja su izvršena u okviru doktorske disertacije pod nazivom *Optimizacija parametara reza rotornog bagera pri otkopavanju materijala sa povećanom čvrstoćom.*

U cilju optimizacije vrste i parametara reza u prvoj fazi istraživanja izvršeno je modeliranje procesa otkopavanja sa proračunom elemenata reza i odreska, kao i modeliranje strukture rotora i strijele rotora sa statičkim i dinamičkim proračunom. U drugoj fazi su izvršena terenska

ispitivanja vrste i parametara reza na rotornom bageru ER 1250.

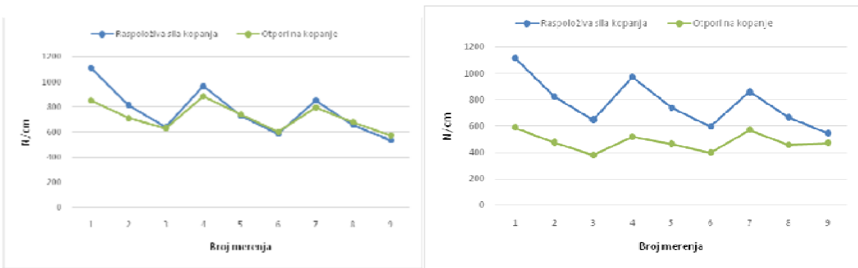
Analiza ponašanja rotornog bagera pri radu u tvrdim materijalima izvršena je odvojeno za rad sa horizontalnim i vertikalnim rezovima sa parametrima odreska, koji su bili istovjetni za obje vrste reza. Mjerenja su izvršena za različite parametre reza i odreska (debljina i širina) i to: za debljinu reza 10, 15 i 20 cm i širine odrezka 16, 24 i 30 cm, odnosno za brzinu okretanja strijele rotora od 12, 18 i 24 m/min.

Tokom istraživanja vršena su mjerenja angažovane struje za pogon rotora. Istovremeno, mjerena je dinamika rada rotornog bagera mjerenjem ubrzanja na momentnoj poluzi reduktora rotora. Kontrolno je vršeno i mjerenje napona na konstrukciji strijele rotora.

Na osnovu izvršenih mjerenja i dobijenih rezultata izvršena je analiza sledećih parametara za različite vrste rezova i parametre odreska, i to:

- analiza angažovane struje za pogon rotora (odnosno snage koja proizilazi iz angažovane struje),
- analiza specifične potrošnje energije za različite vrste rezova i različite odnose debljine i širine odrezaka,
- analiza specifične sile kopanja i otpora materijala na kopanje i
- analiza dinamičkog ponašanja bagera pri radu sa različitim vrstama rezova.

Rezultati istraživanja su pokazali da su angažovana struja i specifična potrošnja energije daleko manje kod vertikalnog nego kod horizontalnog reza, a raspoloživa rezna sila kod vertikalnog reza je znatno veća nego kod horizontalnog (Slika 3).



a) Horizontalni rez b) Vertikalni rez

Slika 3. Odnos raspoložive sile kopanja i izmerenih otpora na kopanje

Takođe, dinamičko ponašanje bagera je daleko povoljnije kod vertikalnog nego kod horizontalnog reza, ali je primijećeno da se kod pojedinih mjerenja sa vertikalnim rezom pojavljuju veća ubrzanja u bočnom pravcu, što je jasan pokazatelj da postoji neki problem.

3. Razlozi za istraživanje optimalnog oblika, dimenzija i rasporeda zuba na vedricama rotora bagera

Prethodna konstatacija da se kod pojedinih mjerenja vibracija, pri otkopavanju materijala pojavljuju veća ubrzanja u bočnom pravcu, ukazuje na to da pojedini zubi otkopavaju materijal bočnom stranom što dovodi do njihovog prekomjernog i neravnomjernog habanja (Slika 4).



Slika 4. Posledice loše geometrije zuba na bageru ER-1250

Ovo je posebno evidentno pri otkopavanju materijala sa povećanom čvrstoćom, kada zubi praktično ostavljaju samo tragove (brazde) na stijenskom materijalu (Slika 5).



Slika 5. Brazde koje u ostavljaju zubi na rotoru bagera u stijenskom materijalu

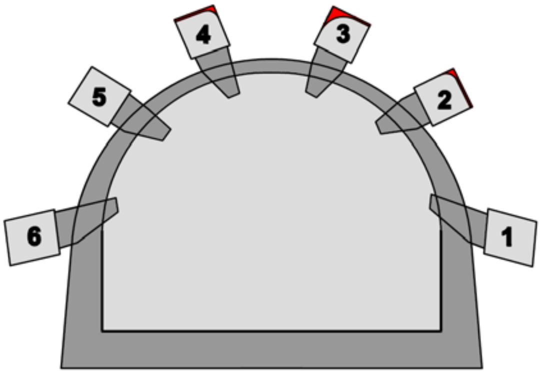
Samim tim, vedrice na rotoru trpe neravnomjerno opterećenje, koje se dalje prenosi na rotor, strijelu rotora, odnosno na kompletnu konstrukciju bagera.

Pored toga, povećava se broj zastoja i troškovi održavanja radi čestog navarivanja ili zamjene zuba i smanjuje se kapacitet bagera, što se negativno odražava na kapacitet i ekonomske pokazatelje rada rotornog bagera.

Iz tih razloga nameće se potreba kompleksinh istraživanja optimalnog ugla rezanja, odnosno optimalnog oblika, dimenzija i

rasporeda i broja zuba na vedricama.

Neravnomerno habanje zuba raspoređenih na vedricama, kao i brazde u stijenskom materijalu jasno ukazuju da je odnos razmaka između zuba i dubine reza neodgovarajući i da ga je neophodno izmijeniti u cilju optimizacije procesa. Primjećuje se da zubi 2, 3, 4 i 5 ne učestvuju ravnomjerno u otkopavanju (Slika 6), odnosno ne ostvaruju istu debljinu reza, usled čega se i pojavljuju brazde u stijenskom materijalu. Takođe, zubi različitih vedrica ostavljaju tragove rezanja na istom mjestu, što zahtijeva dodatnu snagu. Iz svega toga se izvodi zaključak da je neophodno optimizovati razmak između zuba 2, 3, 4 i 5.



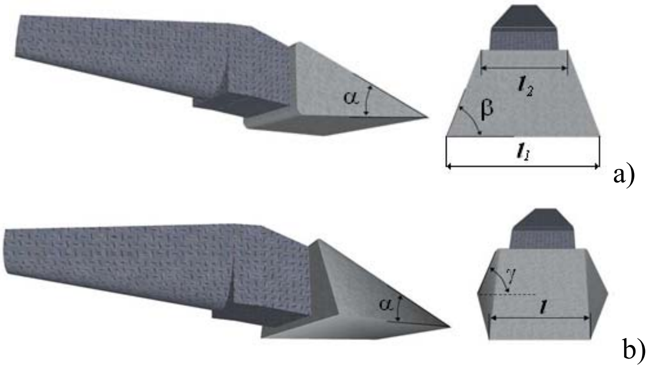
Slika 6. Raspored zuba na vedricama

Oblik zuba je je veoma bitan kod optimizacije kopanja, jer su rezultati dosadašnjih ispitivanja jasno pokazali da zona trenja između bočnih ivica zuba i radne sredine nastaje pri preopterećenom radu rotora. To dovodi do značajnog povećanja otpora kopanju i većem i neravnomjernom habanju zuba. Ovo trenje je teško izbjeći podešavanjem uglova kod originalnih zuba koji su pravougaonog oblika (Slika 7), pa se nameće mogućnost primjene zuba drugačijeg oblika.



Slika 7. Izgled postojećeg bagerskog zuba

Jedna od mogućnosti je primjena zuba trapezoidnog oblika sa mogućim izmjenama u planu i profilu (Slika 8), ali izbor oblika zuba zavisi od detaljnih istraživanja.



Slika 8. Mogući oblici zuba trapezoidnog oblika sa izmjenama: a) u planu; b) u profilu

Cilj istraživanja optimizacije oblika, dimenzija i rasporeda bagerskih zuba ja da se smanji i ravnomjerno rasporedi zona trenja između zuba i stijenskog materijala, što bi se direktno odrazilo na smanjenje stepena habanja zuba, smanjenje broja i dužine zastoja, smanjenje vibracija na konstrukciji bagera, smanjenje specifične potrošnje energije i povećanje rezne sile.

Iz svega toga proizilazi i logićno povećanje kapaciteta, a posebno pri otkopavanju materijala sa povećanom čvrstoćom.

4. Zaključci

Pokazatelji efektivnosti procesa otkopavanja materijala rotornim bagerom zavise od velikog broja raznovrsnih činilaca od kojih se posebno mogu istaći: fizičko-mehaničke karakteristike materijala koji se otkopava, konstruktivne karakteristike bagera, režim rada i izbor tehnoloških parametara bloka, odreska i reza. Poseban problem se javlja kod otkopavanja materijala povećane čvrstoće, što je čest slučaj na našim površinskim kopovima. Dimenzionisanje specifične sile kopanja bagera prema manjim masama izuzetno čvrstog materijala je neracionalno i rešenje treba tražiti ili u otkopavanju ovih masa drugom opremom ili optimizaciji rada rotornog bagera kroz optimizaciju konstruktivnih i tehnoloških parametara.

Na površinskom kopu lignita u Gacku na kome se pojavljuje problem sa otkopavanjem materijala sa povećanom čvrstoćom, izvršena su istraživanja mogućnosti povećanja kapaciteta rotornog bagera ER 1250 povećanjem snage pogona rotora i optimizacijom parametara reza. Istraživanja su realizovana na teorijskom i eksperimantalnom nivou. Sagledana su moguća i odabrana optimalna rešenja i izvršena praktična

provjera dobijenih rezultata sa realnim podacima, koja omogućavaju pouzdaniji rad i daju bolje proizvodne rezultate.

Ali, u toku istraživanja se pokazalo da su zubi na vedricama bagera loše projektovani i da je neophodno izvršiti istraživanja optimizacije njihovog oblika, dimenzija i rasporeda na vedricama. Algoritam tih istraživanja je prilično jasan i podrazumijeva: izradu programa koji obuhvata izradu projektnog zadatka istraživanja, laboratorijsko istraživanje optimalnog oblika, dimenzija i rasporeda zuba na vedricama, izradu i ugradnju zuba i praktičnu provjeru rada bagera sa novim zubima.

Cilj istraživanja treba da bude:

- smanjeno i ravnomjerno habanje bagerskih zuba,
- smanjenje broja i dužine zastoja,
- povećanje rezne sile,
- smanjenje vibracija na rotoru i strijeli rotora,
- smanjenje specifične potrošnje energije,
- smanjenje troškova održavanja,
- povećanje kapaciteta rotornog bagera i
- povećanje ekonomskih pokazatelja rada.

Na taj način bi bio zaokružen ciklus istraživanja mogućnosti povećanja kapaciteta rotornog bagera pri otkopavanju materijala sa povećanom čvrstoćom, koji može biti primjenjiv na površinskim kopovima koji imaju isti ili sličan problem.

Literatura

1. Bošković S.: Optimizacija parametara reza rotornog bagera pri otkopavanju materijala sa povećenom čvrstoćom, Doctoral disertation, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2016.
2. Bošković S., Ignjatović D., Pavlović V., Maneski T., Lasica N.:, Results of cutting parameters optimization research of the bucket wheel excavator ER-1250, 13th International Symposium Continuous Surface Mining, ISCSM 2016, Belgrade, 2016.
3. Bošković S., Vuković B., Milićević O., Marković P., Hrnjez N., Nikolić O., Govedarica M.,: Results of BWE Electricity consumption measurements depending on the type of cut, 13th International Symposium Continuous Surface Mining, ISCSM 2016, Belgrade, 2016.
4. Drebenstedt C., Vorona M., Gassner W.: Elaboration of the report for the optimization process for the mining materials with increased digging resistance by bucket wheel excavator at the opencast mine

Gacko (BiH), Tehnishe Universitat Bergakademie Freiberg, Freiberg, 2012.
5. Ignjatović D., Maneski T., Jovančić P.: Studija - Produžetak radnog veka osnovne opreme na površinskim kopovima uglja EPS-a, I faza Rotorni bageri, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2004.
6. Ignjatović D., Petrović B., Jovančić P., Bošković S.: Impact of the Bucket Wheel Support at Technical Parameters of the Block and Bucket Wheel Excavator Capacity, Aachen, Germany, Procedings of the 12 th International Symposium Continius Surface Mining, Springer ISBN 978-3-319-12300-4 DOI 10.1007/978-3-319-12301-1, 2014.
7. Ignjatović D., Maneski T., Jovančić P., Tanasijević M.: Elaborat analize naponskog stanja rekonstruisane strele radnog točka bagera ER 1250, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2013.
8. Pavlović V., Ignjatović D., Jovančić P., Bošković S.: Cutting parameters optimization for difficult excavating conditions with bucket wheel excavators on Gracanica opencast mine in Gacko, Procedings of the 22 nd Conference Dresden, Germany 2013 Springer ISBN 978-3-319-02677-0, 2013.

RAZVOJ EKSPLOATACIJE U STANARSKOM BASENU UGLJA OTVARANJEM NOVIH POVRŠINSKIH KOPOVA

NEW OPEN PIT MINES DEVELOPMENT IN STANARI COAL BASIN

Božić B.[1], Đermanović S.[2] Džigumović J.[3]

Apstrakt

Završetak radova na otkopavanju otkrivke kao i povećanje kapaciteta proizvodnje uglja na površinskom kopu Raškovac, puštanje Termoelektrane Stanari u komercijalni rad, nastavak snabdijevanja ugljem lokalne zajednice, gradske toplane i škola, pozitivna geološka doistraživanja u sjeveroistočnom dijelu ležišta Raškovac doveli su do nove tehnološke organizacije poslova na otkopavanju otkrivke i uglja u EFT Rudnik i Termoelektrana (TE) Stanari. Na površinskom kopu Raškovac početkom 2017. godine sistem bager-transporteri-odlagač (BTO) je završio svoj rad. Dio opreme BTO sistema je premješten na površinski kop Kop 2 gdje je započeto otkopavanje otkrivke sa odlaganjem otkopanih masa na unutrašnje odlagalište kopa Raškovac. Otkopavanje uglja za potrebe TE Stanari vrši se diskontinualno sa kopa Raškovac. Doprema uglja od kopa do deponije TE vrši se sistemom transportera sa trakom. Snabdijevanje tržišta ugljem vrši se sa površinskog kopa Kop 1 u jesenjem periodu, kada se aktivira pogon za klasiranje uglja - separacija.

[1] Božić Boban, EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari, Stanari
[2] Đermanović Slobodan, EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari, Stanari
[3] Džigumović Jelena, EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari, Stanari

Ključne riječi: Završetak otkopavanja otkrivke, početak radova na Kopu 2, snabdijevanje tržišta ugljem

Abstract

Completion of overburden excavation along with the increase of coal production capacity at the open pit Raskovac, TPP Stanari commercial operation, maintenance of coal supply toward the local community, city heating plant and schools and positive geological additional researches in northern-eastern part of Raskovac deposit were the main causes for the introduction of new technological organization of activities on coal and overburden excavation at EFT Mine and Thermal Power Plant (TPP) Stanari. The ECS (excavator-conveyor-spreader) system finished its operation at the open pit Raskovac in early 2017. A part of ECS system has been relocated to open pit mine Kop 2 currently under the exploitation of overburden with the excavated material being transported to the internal disposal area within Raskovac open pit. The coal excavation for TPP Stanari purposes is performed discontinuously from Raskovac open pit. The coal from open pit to TPP landfill is transported by the belt conveyor system. Kop 1 supplies the market with coal in autumn period when the system for coal classification, so-called separation process, is being activated.

Key words: Completion of overburden mining, start of mining on Kop 2, coal commissioning

1. Uvod

Količine uglja potrebne za normalan rad TE Stanari, kao i snadbevanje tržišta široke potrošnje istim, razlog su za vrlo dinamičan rad na eksploataciji uglja i otkrivke u okviru stanarskog basena u narednom periodu. To podrazumeva maksimalno angažovanje ljudskih i materijalnih resursa u ostvarivanju zadatih ciljeva i potrebne dinamike.

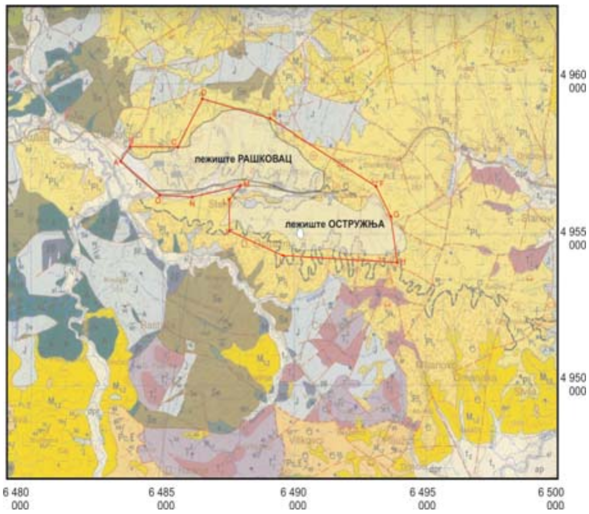
U narednom periodu intezivni rudarski radovi biće izvođeni u sklopu površinskog kopa (PK) Raškovac, gde je završena eksploatacija otkrivke, zatim PK Kop 1 (diskontinualnom tehnologijom), kao i na PK Kop 2 (kontinualnom tehnologijom), pa sve do otvaranja PK Ostružnja, što će obezbediti potrbne količine uglja za neometan rad TE Stanari.

Radovi koji će se odvijati u okviru postojećih otvorenih površinskih kopova, a za period od 2016-2021. godine. definisani su Dopunskim rudarskim projektom, a ovaj rad će obuhvatiti i period nakon 2021. godine.

1.**Razvoj eksploatacije u Stanarskom basenu**

Stanarski ugljeni basen se eksploatiše sa dva površinska kopa, a to su PK Raškovac i PK Ostružnja (Slika1). Prostire se na području novoosnovane opštine Stanari koja je formirana aprila 2015. godine.

Ugljonosni basen Stanari prostire se na površini maksimalne dužine oko 10 km u pravcu Z-I i širine oko 5 km u pravcu S-J. Rečica Ostružnja deli basen na severni i južni ugljonosni blok. Severni deo basena, koji obuhvata površinski kop Raškovac, podeljen je na istočni, središnji i zapadni revir. Južni deo basena predstavlja celinu i predstavlja ležište Ostružnja.



Slika 1. Pregledna geološka karta šire okoline Stanarskog basena

Otkopavanje otkrivke na PK Raškovac završeno je u maju 2017. godine i nakon toga je celokupna rudarska oprema angažovana na otkopavanju otkrivke u severoistočnom delu na PK Kop 2, dok je nastavljena eksploatacija uglja na PK Raškovac za potrebe snadbevanja TE Stanari.

Pokretanje eksploatacije uglja u severoistočnom delu ležišta omogućava da se investicioni radovi i kapitalna ulaganja na otvaranju PK Ostružnja mogu odložiti za najmanje 4 godine. Na ovom delu ležišta ugljeni sloj je jedinstven sa vrlo malo međuslojne jalovine pa su i otkopni gubici minimalni. Radovi na otkopavanju otkrivke izvodili su se paralelno na PK Raškovac i PK Kop 1 sve do početka 2017. godine. Posle toga radovi na otkopavanju otkrivke odvijaju se paralelno i na PK Kop 1 i PK Kop 2.

Definicija proizvodnje zahteva tehnička i tehnološka rešenja za obezbeđenje kontinuiteta godišnje proizvodnje od 2.100.000 t uglja za snadbevanje ugljem TE Stanari snage 300 MW, kao i snadbevanje ugljem dela potrošača koje rudnik sada snadbeva u iznosu od 100.000 t god.

Rudarski radovi na PK Raškovac do 2021. godine, uglavnom će se odvijati u severnom-severoistočnom obodnom delu ugljonosnog basena Stanari, odnosno u proširenim konturama PK Raškovac. U rudarsko-tehnološkom delu, definisana je tehnologija otkopavanja uglja u proširenim severoistočnim granicama PK Raškovac do kraja eksploatacionog veka ovog kopa. Završetkom otkopavanja otkrivke na PK Raškovac celokupna kontinualna oprema je prebačena na otkopavanje otkrivke u severoistočnom delu na PK Kop 2. Na Kopu 1 otkopavanje se vrši diskontinualnom tehnologijom i to u povoljnim vremenskim uslovima. Takođe, treba naglasiti da se u određenim delovima eksploatacionog prostora nalaze odlagališta: na severu - Severno spoljašnje odlagalište PK Raškovac i na jugu - unutrašnje odlagalište PK Raškovac. Na osnovu istražnih radova urađenih na prostoru severo-istočnog dela Stanarskog basena, zatim urađenih geoloških i obračunskih profila, zatim moćnosti ugljenog sloja i koeficijenta otkrivke izvršeno je ograničenje dela ležišta KOP 1. Debljina sloja uglja varira od 0 do 15 m, a prosečna je 6,47 m. Debljina međuslojne jalovine koja se javlja u južnom delu ograničenog ležišta kreće se od 0 do 8,65 m, a prosečno 0,6 m.

Ograničenje PK Kop 2 izvršeno je na osnovu geotehničkih i geoloških uslova pri čemu se vodilo računa da se ostavi zaštitni stub prema postojećem putu koji povezuje Stanare sa okolnim selima, zatim prema vodovodu, bunaru i objektima vodosnabdevanja Stanara i delovima naselja koja se nalaze na ležištu. Takođe, vodilo se računa o maksimalnom koeficijentu otkrivke u delovima ležišta gde dolazi do isklinjenja sloja.

Tabela 1. Količina otkrivke, uglja i međuslojne jalovine, kvalitet uglja i koeficijent otkrivke na celokupnom Stanarskom basenu

Kop	Otkrivka(m^3)	Ugalj (m^3)	Ugalj(t)	M.J.(m^3)	Kj/kg	P%	V%	K_o	K_{ou}
Raškovac	13.020.539	17.699.826	19.673.357	6.367.089	9.259	7,0	51,5	0,6	1,0
Kop 1	24.213.502	2.785.079	3.990.973	331.442	9.451	4,9	52,9	6,1	6,2
Kop 2	58.838.543	5.749.199	6.592.031	16.380	9.988	6,3	51,5	8,9	8,9
Ostružnja	308.367.028	46.334.659	52.821.511	20.147.189	9.049	8,7	50,1	5,8	6,2
Ukupno	**404.439.612**	**72.568.763**	**83.077.872**	**26.862.100**	**9.192**	**7,9**	**50,6**	**4,9**	**5,2**

2. Dinamika eksploatacije

Na osnovu potreba tržišta, zatim predviđene dinamike rada termoelektrane snage 300 MW, u Tabeli 2 data je dinamika otkopavanja otkrivke, uglja i međuslojne jalovine.

Tabela 2. Dinamika otkopavanja otkrivke, uglja i međuslojne jalovine

Godina	God	Raškovac				Severoistočni deo ležišta							PK Ostružnja					Ukupno	Ukupno	Ukupno	Ko	Ukupni
		Otkrivk		Ugalj (t)		M.J.	Kop 1			Kop 2			Otkrivka (m³)			Ugalj za	M.J.					
		BTO	Diskont.	Ugalj za ostale	Ugalj za TE		Otkrivka (m³)	Ugalj za ostale	Ugalj za TE	Otkrivka BTO	Otkrivka disk.	Ugalj za TE	I BTO	II BTO	Diskont.							
	2014	1.200	0	200		50	200											200	1.400	1.450	6,2	6,4
	2015	5.000	500	1.000	300	400	1.000											1.300	6.500	6.900	4,9	5,2
1	2016	5.000	500		2.200	685	1.000	100	100		400							2.400	6.500	7.585	3,0	3,4
2	2017	500	300		2.000	654	1.600	100	100	4.000	600							2.200	6.400	7.654	4,2	4,5
3	2018				2.000	654	1.600	100	100	5.000	600							2.200	6.600	7.854	4,0	4,3
4	2019				2.000	654	1.600	100	100	5.000	600							2.200	6.600	7.854	3,3	3,6
5	2020				2.000	654	1.600	100	100	5.000	600							2.200	6.600	7.854	3,3	3,6
6	2021				2.000	654	1.600	100	100	5.000	600							2.200	6.600	7.854	3,3	3,6
7	2022				2.000	654	1.600	100	100	5.000	600				600			2.200	7.200	8.454	3,5	3,9
8	2023				2.000	654	1.600	100	100	5.000	600				600			2.200	7.200	8.454	5,4	5,7
9	2024				2.000	654	1.600	100	100	5.000	600			6.000	600			2.200	13.200	14.454	6,3	6,6
10	2025						1.600	100	300	5.000	600	1.800		6.000	600			2.200	13.200	13.800	6,3	6,4
11	2026						1.600	100	100	5.000	600	2.000		8.000	600			2.200	15.200	15.800	7,2	7,2
12	2027						1.500	100	200	3.100	400	1.900		8.000	600			2.200	13.200	13.600	5,7	5,7
13	2028						1.500	100	200			900	4.000	8.000	600	1.000		2.200	14.100	14.100	6,0	6,0
14	2029						1.500	100	200				4.000	8.000	600	1.900	850	2.200	14.100	14.950	5,7	6,1
15	2030						1.500	100	200				5.000	8.000	600	1.900	850	2.200	15.100	15.950	6,2	6,6
16	2031							100	100				5.000	8.000	600	2.000	850	2.200	13.600	14.450	5,9	6,3
17	2032							100					5.000	8.000	600	2.100	900	2.200	13.600	14.500	5,9	6,3
18	2033							100					5.000	8.000	600	2.100	900	2.200	13.600	14.500	5,9	6,3
19	2034												5.000	8.000	600	2.200	900	2.200	13.600	14.500	6,2	6,6
20	2035												5.000	8.000	600	2.200	900	2.200	13.600	14.500	6,2	6,6
21	2036												5.000	8.000	600	2.200	900	2.200	13.600	14.500	6,2	6,6
22	2037												5.000	8.000	600	2.200	900	2.200	13.600	14.500	6,2	6,6
23	2038												5.000	8.000	600	2.200	900	2.200	13.600	14.500	6,2	6,6
24	2039												5.000	8.000	600	2.200	900	2.200	13.600	14.500	6,2	6,6
25	2040												5.000	8.000	600	2.200	900	2.200	13.600	14.500	6,2	6,6
26	2041												5.000	8.000	600	2.200	850	2.200	13.600	14.450	5,7	6,1
27	2042												5.000	8.000	600	2.200	850	2.200	13.600	14.450	5,7	6,1
28	2043												4.000	8.000	600	2.200	850	2.200	12.600	13.450	5,7	6,1
29	2044												4.000	8.000	600	2.200	850	2.200	12.600	13.450	5,7	6,1
30	2045												4.000	8.000	600	2.200	850	2.200	12.600	13.450	5,7	6,1
31	2046												4.000	7.000	600	2.200	850	2.200	11.600	12.450	5,3	5,7
32	2047												4.000	5.000	600	2.200	850	2.200	9.600	10.450	4,4	4,8
33	2048												3.000	3.000	600	2.200	850	2.200	6.600	7.450	3,0	3,4
34	2049												2.000	3.000	600	2.200	850	2.200	5.600	6.450	2,5	2,9
35	2050													1.500	600	2.200	850	2.200	2.100	2.950	1,0	1,3
36	2051														900	2.200	850	2.200	900	1.750	0,4	0,8
37	2052														600	2.200	800	2.200	600	1.400	0,3	0,6
38	2053																		0	0	0,0	
	Ukupno	11.700	1.300	1.300	18.600	6.367	24.300	1.800	2.300	52.100	6.800	6.600	88.000	191.500	18.800	52.800	30.800	83.100	397.700	431.667	4,8	5,1
		13.000		18.700				4.000		58.900			308.400			52.800						
		Ko=	0,66 (m³/t)				Ko=	6,1 (m³/t)		Ko=	8,9 (m³/t)			Ko=	5,8 (m³/t)							

Kao što se vidi iz Tabele 2, otkopavanje otkrivke je u 2017. godini prebačeno na PK Kop 2 i trajaće do 2027. godine. Otkopavanje otkrivke na PK Ostružnja će započeti 2024. godine sa II BTO sistemom, a 2028. godine će oba BTO sistema otkopavati otkrivku na PK Ostružnja. Završetak otkopavanja otkrivke na celokupnom Stanarskom basenu predviđen je za 2050. godinu. Otkopavanje uglja na PK Raškovac trajaće do 2024. godine, kada će se radovi prebaciti na PK Kop 2. Radovi na otkopavanju uglja na PK Kop 2 trajaće do 2029. godine, kada će se radovi prebaciti na PK Ostružnja. Paralelno sa eksploatacijom uglja odvijaće se i otkopavanje međuslojne jalovine (gline) između slojeva uglja, diskontinualnom tehnologijom. Eksploatacija uglja na celokupnom Stanarskom basenu trajaće do 2052. godine.

3. Obračun smeštajnog prostora na unutrašnjem odlagalištu PK Raškovac

Odlaganje otkopane otkrivke i međuslojne jalovine sa PK Raškovac vrši se na unutrašnjem odlagalištu u otkopani prostor PK Raškovac. Završetkom otkopavanja na PK Raškovac I BTO sistem, nakon remonta, prešao je na otkopavanje otkrivke na PK Kop 2. Nabavkom još tri transportera širine trake B = 1600 mm obezbeđeno je da I BTO sistem radi na otkopavanju otkrivke na PK Kop 2. Ovi transporteri bi se nakon uključenja u rad II BTO sistema upotrebili za transport otkrivke sa PK Ostružnja.

Otkrivka sa PK Kop 1 se u fazi otvaranja odlagala na unutrašnje odlagalište PK Raškovac, a zatim na unutrašnje odlagalište PK Kop 1.

Otkrivka sa PK Kop 2 najvećim delom će se odlagati na prostoru unutrašnjeg odlagališta PK Raškovac. Nakon uključenja u rad II BTO sistema na PK Ostružnja, otkopana otkrivka sa ovog kopa će se odlagati na unutrašnje odlagalište PK Raškovac, a zatim u otkopani prostor PK Kop 2.

U prostoru PK Raškovac, za period od 2017. godine može se odložiti 120.165.010/1,1 = 109.240.918 čm^3 otkrivke i međuslojne jalovine.

Ovaj raspoloživi prostor je dovoljan za odlaganje otkrivke do kraja 2029. godine. Nakon popunjavanja raspoloživog prostora na unutrašnjem odlagalištu PK Raškovac preći će se sa odlaganjem otkrivke u otkopani prostor PK Kop 2. Na ovom prostoru može se odložiti 81.094.100/1,1 = 73.721.909 čm^3 otkrivke. Ovaj raspoloživi prostor je dovoljan za odlaganje otkrivke do kraja 2033. godine, nakon čega će se sa odlaganjem otkrivke preći na unutrašnje odlagalište PK Ostružnja.

Ukupan prostor za odlaganje otkrivke i međuslojne jalovine prikazan je u narednim Tabelama 3, 4 i 5.

Tabela 3. Mase otkrivke i međuslojne jalovine koje je potrebno odložiti na odlagalištima do prelaska na unutrašnje odlagalište PK Ostružnja

Kop	**O+MJ (čm^3)**
Raškovac	19.387.628
Kop 1	24 .544 .944
Kop 2	58 .854 .923
Ostružnja	100 .260 .000
Ukupno	203.047.495
Količine rastresite mase (rm^3)	223.352.244

Tabela 4. Raspoloživi prostor na odlagalištima

Kop	Količine (rm^3)	Količine ($čm^3$)
Raškovac	137.768.935	125.244.486
Kop 1	20.615.726	18.741.569
Kop 2	81.094.100	73.721.909
Spoljašnje odlagalište Raškovac	5.934.596	5.395.087
Ukupno	245.413.357	223.103.052

Tabela 5. Rebalans masa po kopovima i odlagalištima

KOP	Odlagalište ($čm^3$)				Ukupno	
	Unutrašnje Raškovac	Spoljašnje Raškovac	Kop 1	Kop 2	$čm^3$	rm^3
Raškovac	18.866.610	0	0	0	18.866.610	20.753.271
Kop 1	4.803.375	1.000.000	18.741.569	0	24.544.944	26.999.438
Kop 2	5.4854.923	4.000.000	0	0	58.854.923	64.740.415
Ostružnja	58.244.027	0	0	4.2015.973	100.260.000	110.286.000
Ukupno	136.768.935	5.000.000	18.741.569	4.2015973	202.526.477	222.779.125

Prema datoj dinamici odlaganje masa otkrivke i međuslojne jalovine na unutrašnjem odlagalištu Raškovac završiće se na kraju 2029. godine. Na PK Kop 2 odlaganje otkrivke bi se završilo 2033. godine. Nakon toga bi se sa odlaganjem otkrivke prešlo na unutrašnje odlagalište PK Ostružnja.

4. Zaključak

Predviđena dinamika eksploatacije ispuniće prioritetni cilj, a to je neometan rad TE Stanari. Okonturenjem kopova Kop 1 i Kop 2 dobijene su nove količine uglja koje, osim povećanja rezervi na PK Raškovac, omogućavaju odlaganje investicionog ulaganja vezanog za otvaranje PK Ostružnja do perioda kada će biti otplaćen kredit za izgradnju termoelektrane, što će olakšati nabavku opreme potrebnog kapaciteta za eksploataciju na PK Ostružnja.

Rad novog BTO sistema kao i postojećeg optimalno će zadovoljiti potrebnu godišnju dinamiku otkopavanja otkrivke na PK Ostružnja, koja će biti oko 12 miliona $čm^3$.

Važna je i činjenica da će se otkopavanjem otkrivke i uglja na pomenutim površinskim kopovima stvoriti uslovi za formiranje unutrašnjih odlagališta, što će svakako olakšati radove na eksploataciji otkrivke u Stanarskom ugljenom basenu.

ANALIZA EKSPLOATACIJE I ODRŽAVANJA MAŠINA I VOZILA POMOĆNE MEHANIZACIJE EPS, NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA U OGRANKU TE-KO KOSTOLAC

ANALYSIS OF THE EXPLOITATION AND MAINTENANCE OF MACHINES AND VEHICLES OF THE AUXILIARY MACHINERY OF EPS, ON THE SURFACE MINES IN THE BRANCH TE-KO KOSTOLAC

Đurić D.[1], Krstić S.[2] Milošević Z.[3]

Apstrakt

U ovom radu je prikazana analiza eksploatacije i održavanja mašina i vozila pomoćne mehanizacije koja radi na površinskim kopovima u EPS, ogranku TE-KO Kostolac. Ovu mehanizaciju sačinjavaju mašine kao što su: buldozeri-dozeri, utovarači, cevopolagači, pomerači transportera sa trakom, hidraulični bageri, grejderi, autodizalice, kamioni, cisterne, terenska vozila, itd. Analiza predstavlja rezultate u smanjenju troškova u eksplaoataciji ovih mašina kroz praćenje i kontrolu potrošnje goriva, a takođe i obuhvata odnose vezane za tehničke parametre i prizvodnju uglja i otkrivke za period od 2005. do 2015. godine.

Ključne reči: Buldozer, ugalj,održavanje, gorivo, mehanizacija

[1] Dr Đurić Radiša, JP EPS, Ogranak TE-KO Kostolac, Kostolac
[2] Krstić Svetozar, JP EPS, Ogranak TE-KO Kostolac, Kostolac
[3] Milošević Zoran, JP EPS, Ogranak TE-KO Kostolac, Kostolac

Abstract

This paper presents an analysis of the exploitation and maintenance of machines and vehicles of auxiliary mechanization working on surface pit mines in EPS, branch TE-KO Kostolac. These machines are composed of machines such as: bulldozers-dozers, loaders, pipelines, belt conveyors, Hydraulic excavators, graders, mobile cranes, trucks, tanks, off-road vehicles, etc. The analysis presents the results in reducing the costs of exploitation of these machines through monitoring and control of fuel consumption and also includes relations related to technical parameters and production of coal and refuse for the period from year 2005 to 2015.

***Keywords*:** Bulldozer, coal, maintenance, fuel, machinery

1. Uvod

Za obavljanje brojnih i raznovrsnih pomoćnih radova na površinskom kopu (planiranje etažnih ravni, pomeranje, prenošenje i produžavanje transportera, izrada i održavanje pristupnih puteva, platoa i rampi, izrada raznih nasipa, kanala i vodosabirnika za odvodnjavanje površinskog kopa, izrada raznih useka i zaseka, tehnička rekultivacija odlagališnih prostora, tekuće i investiciono održavanje opreme, itd.), koriste se brojne i raznovrsne mašine pomoćne mehanizacije,kao što su: buldozeri-dozeri, utovarači, cevopolagači, skreperi, autodizalice, hidraulični bageri itd.

2. Primena pomoćne mehanizacije

Efikasno izvođenje raznovrsnih pomoćnih radova zahteva primenu specijalizovanih mašina kao što su: buldozeri-dozeri, utovarači, cevopolagači, pomerači tračnih transportera, hidraulični bageri, grejderi, autodizalice, kamioni, cisterne, terenska vozila, itd.

Sve ove mašine rade u izuzetno teškim terenskim uslovima na etažama površinskih kopova, sa izuzetno promenljivim režimima rada, od maksimalnih vučnih do transportnih režima, i njihov zastupljenost je procentualno prikazana u Tabeli 1. Iz tih razloga vek ovih mašina na površinskim kopovima je relativno kratak i obično traje nekoliko godina

Tabela 1. Tabelarni prikaz procentualnog učešća pojedinih pomoćnih radova u ukupnim pomoćnim radovima

Podgrupe pomoćnih radova	%	Elementarni pomoćni radovi	%
Radovi na planiranju	32,2	- planumi za bagere i odlagače	49,1
		- planumi za transportere sa gumenom trakom	12,3
		- kosine	1,4
		- planumi za tehničku rekultivaciju	12,5
		- rampe	6,0
		- trase za puteve i transport opreme	12,4
		- ostalo	5,1
Radovi na čišćenju	21,5	- čišćenje traka	99,4
		- ostali radovi na čišćenju	0,6
Radovi na transportu	20,6	- radovi na povlačenju	10,3
		- transport materijala	46,9
		- transport konstrukcija za transportere	5,6
		- transport zastornog materijala	37,2
Radovi na kopanju i utovaru	13,6	- radovi na kopanju	43,3
		- radovi na utovaru	56,7
Radovi na pomeranju i podešavanju	7,4	- radovi na pomeranju	93,8
		- radovi na podešavanju	6,2
Radovi na montaži i opravkama	4,2	- opravka transportera	50.1
		- opravka bagera, odlagača i ostalih uređaja	49,9
Radovi na ripovanju i krčenju	0,5	- radovi na ripovanju	51,2
		- radovi na krčenju	48,8

3. Sagledavanje međusobnih odnosa proizvodnje i eksploatacije mašina i vozila pomoćne mehanizacije

Poznato je da se projektnom dokumentacijom svakog površinskog kopa određuje tehnologija otvaranja i rada kopa i definiše kako osnovna-proizvodna, tako i pomoćna mehanizacija.

Nabavka i korišćenje mašina pomoćne mehanizacije, po broju, vrsti i tipu mašina, vrši se saglasno projektovanoj i planiranoj dinamici radova na kopu. Saglasno izvršenoj nabavci i planiranoj dinamici korišćenja mašina, planiraju se i obezbeđuju kapaciteti (objekti, sredstva i ljudstvo), za održavanje i eksploataciju. Neodovoljan broj pomoćnih mašina za obavljanje putno-kolosečnih radova, prilikom pomeranja transportera sa trakom, zahtevao je ***3-4 puta više vremena za obavljanje tih radova nego kada površinski kop raspolaže dovoljnim brojem odgovarajućih pomoćnih mašina***. Takođe, nekvalitetno izgrađeni putevi po kopu prouzrokuju otežano kretanje mehanizacije (dizalica, terenskih vozila, kamiona i dr.), što ima za posledicu povećane zastoje pri razmeni smena, dolasku interventnih ekipa za održavanje, nemogućnost dopreme rezervnih delova i dr.

BTO sistemi (tehnološki sistem: bager - transporteri sa trakom -

odlagač), su redno vezane mašine i kvar jednog elementa bilo koje od mašina u sistemu, izaziva zastoj na sistemu. Iz tih razloga neophodno je da se radovi pripreme i održavanja izvršavaju u najkraće mogućem roku, što podrazumeva da kop mora raspolagati dovoljnim brojem pomoćnih mašina potrebnih za održavanje opreme, jer njihov nedostatak izaziva produžetak servisa i radova na korektivnim opravkama.

Sa nabavkom novih savremenih mašina, došlo je i do savremenijeg razvoja pristupa održavanju mašina, ali i do racionalnijeg određivanja potrebnog broja kvalifikovanih i dopunski obučenih izvršilaca radova održavanja.

Radi optimizacije transpotnih puteva mašina i vozila u samom kopu i radi ekonomičnijeg korišćenja mašina pomoćne mehanizacije i smanjenja praznih hodova, na površinskom kopu (PK) Drmno uveden je GPS/GPRS sistem za pozicioniranje i praćenje rada mašina i terenskih vozila koje su u okviru pomoćne mehanizacije.

U Tabelama 2 do 7 (po godinama 2005., 2010. i 2015.), dati su podaci o ukupnom broju mašina teške pomoćne mehanizacije, zatim o broju vozila i broju izvršilaca radova održavanja tih mašina kao i međusobni odnosi između tehničkih parametara i proizvodnje uglja i otkrivke za navedeni period.

U Tabeli 2 dat je prikaz ukupnog broja mašina pomoćne mehanizacije po vrstama i instalisana ukupna snaga ovih mašina u EPS, na površinskom kopu Drmno, ogranak TE-KO Kostolac i dat je broj održavalaca ovih mašina u 2005. godini.

Tabela 2. Prikaz ukupnog broja mašina pomoćne mehanizacije i instalisane snage motora u 2005. godini na PK Drmno

2005. godina, PK Drmno		Planirana proizvodnja uglja: 6.095.000 t Planirana proizvodnja otkrivke: 20.600.000 m^3		
Pomoćna mehanizacija				
Broj	Vrsta mašina	Ukupan broj	Ukupna snaga (kW)	Broj radnika na održav.
1.	Buldozeri sred. i vel. snage	29	7096	29
2.	Cevopolagači	12	2856	
3.	Bageri	12	1200	
4.	Utovarači - točkaši	7	960	
5.	Utovarači - guseničari	4	520	
6.	Kombinovani traktori	3	195	
7.	Viljuškari	5	158	
8.	Dizalice	1	66	
9.	Grejderi	1	106	
Ukupno		74	13157	

Na osnovu podataka iz Tabele 2 dobijeni su sledeći odnosi:

- Odnos broja mašina po izvršiocu održavanja iznosi: 2,55 mašina/izvršilac
- Odnos proizvodnje uglja po ukupnoj snazi mašina iznosi: 450,91 t/kW
- Odnos proizvodnje jalovine po ukupnoj snazi mašina iznosi: 1565,70 m^3/kW
- Odnos ukupne snage mašina po izvršiocu održavanja iznosi: 453,68 kW/izvršilac

U Tabeli 3 dat je prikaz ukupnog broja vozila na PK Drmno i ukupna snaga njihovih motora sa brojem radnika održavalaca u 2005. godini.

Tabela 3. Prikaz ukupnog broja vozila i instalisane snage motora u 2005. godini na PK Drmno

Vozila				
Broj	Vrsta mašina	Ukupan broj	Ukupna snaga (kW)	Broj radnika na održav.
1.	Terenska vozila 4x4	34	2550	20
2.	Kamioni za masovan prevoz	10	1329	
3.	Kranska vozila	6	1060	
4.	Dostavna vozila	6	450	
5.	Specijalna vozila	1	75	
6.	Saniteti, kombi vozila	7	525	
7.	Traktori	16	1256	
Ukupno		80	7245	

Na osnovu prikazanih podataka iz tabele 3, dobijeni su sledeći odnosi:

- Odnos broja vozila po izvršiocu održavanja iznosi: 4,0 vozila/izvršilac
- Odnos proizvodnje uglja po ukupnoj snazi vozila iznosi: 841,26 t/kW
- Odnos proizvodnje jalovine po ukupnoj snazi vozila iznosi: 2.843,34 m^3/kW
- Odnos ukupne snage vozila po izvršiocu održavanja iznosi: 362,25 kW/izvršilac

Tabela 4. Prikaz ukupnog broja mašina pomoćne mehanizacije i instalisane snage motora u 2010. godini na PK Drmno

2010. godina PK Drmno		Planirana proizvodnja uglja: 7.488.000 t Planirana proizvodnja otkrivke: 36.000.000 m^3		
Pomoćna mehanizacija				
Broj	Vrsta mašina	Ukupan broj	Ukupna snaga (kW)	Broj radnika na održav.
1.	Buldozeri srednje i velike snage	36	9302	27
2.	Cevopolagači	13	3094	
3.	Bageri	12	1200	
4.	Utovarne lopate – točkaši	10	1280	
5.	Utovarne lopate – guseničari	4	520	
6.	Kombinovani traktori	5	329	
7.	Viljuškari	8	278	
8.	Dizalice	1	66	
9.	Grejderi	1	106	
Ukupno		90	16175	

Na osnovu prikazanih podataka iz tabele 4, dobijeni su sledeći odnosi za 2010. godinu:

- Odnos broja mašina po izvršiocu održavanja iznosi: 3,33 mašina/izvršilac
- Odnos proizvodnje uglja po ukupnoj snazi mašina iznosi: 462,93 t/kW
- Odnos proizvodnje jalovine po ukupnoj snazi mašina iznosi: 2.225,65 m^3/kW
- Odnos ukupne snage mašina po izvršiocu održavanja iznosi: 599,07 kW/izvršilac

Tabela 5. Prikaz ukupnog broja vozila i instalisane snage motora u 2010. godini na PK Drmno

Vozila				
Broj	Vrsta mašina	Ukupan broj	Ukupna snaga (kW)	Broj radnika na održav.
1.	Terenska vozila 4*4	44	3300	19
2.	Kamioni za masovan prevoz	17	2768	
3.	Kranska vozila	6	1060	
4.	Dostavna vozila	8	600	
5.	Specijalna vozila	3	350	
6.	Saniteti, kombi vozila	9	675	
7.	Traktori	19	2059	
Ukupno		106	10812	

Na osnovu prikazanih podataka iz tabele 5, dobijeni su sledeći odnosi za 2010. godinu:

- Odnos broja vozila po izvršiocu održavanja iznosi: 5,57 vozila/izvršilac
- Odnos proizvodnje uglja po ukupnoj snazi vozila iznosi: 692,56 t/kW
- Odnos proizvodnje jalovine po ukupnoj snazi vozila iznosi: 3329,63 m^3/kW
- Odnos ukupne snage mašina po izvršiocu održavanja iznosi: 569,05 kW/izvršilac

Tabela 6. Prikaz ukupnog broja mašina pomoćne mehanizacije i instalisane snage motora u 2015. godini na PK Drmno

2015. godina, PK Drmno		Planirana proizvodnja uglja: 8.499.000 t Planirana proizvodnja otkrivke: 42.000.000 m^3		
Pomoćna mehanizacija				
Redni broj	Vrsta mašina	Ukupan broj	Ukupna snaga (kW)	Broj radnika na održav.
1.	Buldozeri srednje i velike snage	31	8278	24
2.	Cevopolagači	17	4082	
3.	Bageri	13	1292	
4.	Utovarači - točkaši	9	1182	
5.	Utovarači - guseničari	4	520	
6.	Kombinovani traktori	5	329	
7.	Viljuškari	8	278	
8.	Dizalice	1	66	
9.	Grejderi	1	106	
Ukupno		89	16133	

Na osnovu prikazanih podataka iz tabele 6, dobijeni su sledeći odnosi za 2015. godinu:

- Odnos broja mašina po izvršiocu održavanja iznosi: 3,7 mašina/izvršilac
- Odnos proizvodnje uglja po ukupnoj snazi mašina iznosi: 523,70 t/kW
- Odnos proizvodnje jalovine po ukupnoj snazi mašina iznosi: 2603,35 m^3/kW
- Odnos ukupne snage mašina po izvršiocu održavanja iznosi: 672,20 kW/izvršilac

Tabela 7. Prikaz ukupnog broja vozila i instalisane snage motora u 2015. godini na PK Drmno

Vozila				
Broj	Vrsta mašina	Ukupan broj	Ukupna snaga (kW)	Broj radnika na održav.
1.	Terenska vozila 4x4	44	3825	19
2.	Kamioni za masovan prevoz	23	3746	

3.	Kranska vozila	6	1060	
4.	Dostavna vozila	15	1125	
5.	Specijalna vozila	3	350	
6.	Saniteti, kombi vozila	2	120	
7.	Traktori	22	2383	
Ukupno		115	12609	

Na osnovu prikazanih podataka iz tabele 7, dobijeni su sledeći odnosi za 2015. godinu:

- Odnos broja vozila po izvršiocu održavanja iznosi: 6,05 vozila/izvršilac
- Odnos proizvodnje uglja po ukupnoj snazi vozila iznosi: 674,04 t/kW
- Odnos proizvodnje jalovine po ukupnoj snazi vozila iznosi: 3.330,95 m^3/kW
- Odnos ukupne snage vozila po izvršiocu održavanja iznosi: 663,63 kW/izvršilac

3.1. *Uporedna analiza parametara mašina pomoćne mehanizacije na PK Drmno*

U Tabelama 8 i 9 dati su uporedni pokazatelji iz prethodnih tabela za 2005., 2010. i 2015. godinu.

Tabela 8. Uporedni pokazatelji parametara mašina pomoćne mehanizacije na PK Drmno u ogranku TE-KO Kostolac

Upoređivanje	2005. godina	2010. godina	2015. godina
Odnos broja mašina po izvršiocu održavanja	2,55 mašina/izvršilac	3,33 mašina/izvršilac	3,70 mašina/izvršilac
Odnos proizvodnje uglja po ukupnoj snazi mašina	450,91 t/kW	462,93 t/kW	523,70 t/kW
Odnos proizvodnje jalovine po ukupnoj snazi mašina	1565,70 m^3/kW	2225,65 m^3/kW	2603,35 m^3/kW
Odnos ukupne snage mašina po izvršiocu održavanja	453,68 kW/izvršilac	599,07 kW/izvršilac	672,20 kW/izvršilac

Tabela 9. Uporedni pokazatelji parametara vozila na PK Drmno u ogranku TE-KO Kostolac

Upoređivanje	2005. godina	2010. godina	2015. godina
Odnos broja vozila po izvršiocu održavanja iznosi:	4,0 vozila/izvršilac	5,57 vozila/izvršilac	6,05 vozila/izvršilac

Odnos proizvodnje uglja po ukupnoj snazi vozila:	841,26 t/kW	692,56 t/kW	674,04 t/kW
Odnos proizvodnje jalovine po ukupnoj snazi vozila:	2843,34 m^3/kW	3329,63m^3/kW	3330,95 m^3/kW
Odnos ukupne snage vozila po izvršiocu održavanja:	342,25 kW/izvršilac	569,05 kW/izvršilac	663,63 kW/izvršilac

4. Potrošnja energenata u 2015. godini i plan potrošnje za 2016. godinu

Ostvareni moto časovi radnih mašina i pređeni kilometri vozila tokom 2015. godine i plan za 2016. godinu prikazani su u Tabeli 10.

Tabela 10. Ostvareni moto časovi radnih mašina i pređeni kilometri vozila tokom 2015. godine i plan za 2016. godinu

Potrošnja energenata po mesecima u 2015. i plan za 2016. godinu				
Mesec	2015.		Plan za 2016.	
	BMB 98	Eurodizel	BMB 98	Eurodizel
	Količina (l)		Količina (l)	
Januar	15.720	209.090	21.000	230.000
Februar	13.675	188.684	20.000	220.000
Mart	13.778	200.630	20.000	210.000
April	14.777	180.059	19.000	200.000
Maj	14.356	155.996	18.000	176.000
Jun	12.478	154.149	18.000	176.000
Jul	13.657	153.416	18.000	176.000
Avgust	12.765	141.931	18.000	175.000
Septembar	12.544	153.997	18.000	176.000
Oktobar	17.391	189.375	19.000	210.000
Novembar	14.253	191.732	20.000	220.000
Decembar	14.750	219.716	21.000	230.000
Godišnja	**170.143**	**2.138.773**	**230.000**	**2.399.000**

Tokom 2015. godine ostvareno je više radnih sati kod većine vrsta mašina (osim buldozera Klase A i autodizalica), od plana i od proseka predhodnih godina. Istovremeno je zadržan trend smanjenja specifične potrošnje energenata što je rezultat nabavke novijih, savremenijih mašina i vozila sa najsavremenijom generacijom motora. Učešće pojedinih vrsta mašina i vozila u ukupnoj potrošnji energenata dato je u Tabeli 11, a potrošnja pomoćne mehanizacije i vozila u Tabelama 12 i 13.

Tabela 11. Učešće pojedinih vrsta mašina i vozila u ukupnoj potrošnji energenata

Učešće pojedinih vrsta mašina i vozila u ukupnoj potrošnji energenata		
Mašina	Potrošnja /litara goriva	Učešće u ukupnoj potrošnji (%)
Buldozeri	1.316.532	57
Cevopolagači	174.668	8
Pomerači	62.233	3
Rovokopači	212.248	9
Ulte	51.980	2
Dizalice	21.246	1
Komb. Maš.	37.498	2
Ostali	50.189	2
Autobusi	128.555	6
Traktori	57.050	2
Teretna Eurodiz.	24.360	1
Terenska BMB	147.692	6
Ostalo BMB	24.665	1
Ukupno energenti	2.308.916	100

Tabela 12. Potrošnja goriva i ostvareni mh tokom 2015. godine mašina pomoćne mehanizacije

	Mašina	Litara	mh	Spec potr. l/mh	Norma l/mh
Buldozer A	A1	29.090	599	48,6	
	A2	5.143	96	53,6	
	A3	47.834	893	53,6	
	A4	80.969	1.386	58,4	
	A5	41.609	782	53,2	
	A6	0	0		
	Ukup.	204.645	3.755	54,5	55
Buldozer B	K2	2.570	65	39,8	
	B1	5.022	183	27,4	
	B2	27.788	919	30,2	
	B3	5.240	182	28,8	
	B4	4.518	106	42,6	
	B5	4.280	98	43,7	
	B6	25.291	644	39,3	
	B7	29.087	804	36,2	
	B8	86.587	2.222	39,0	
	B9	19.938	468	42,6	
	B10	42.614	1.239	34,4	
	B11	58.317	1.472	39,6	
	B12	121.809	2.870	42,4	
	B13	117.843	2.861	41,2	
	B14	87.972	2.387	36,9	
	B15	94.073	2.419	38,9	
	B16	123.077	3.574	34,4	
	B17	130.703	3.098	42,2	
	B18	58.245	1.851	31,5	
	B19	51.298	1.497	34,3	
	B20	15.615	356	43,9	
	Ukup.	1.111.887	29.313	37,9	40
Buldozeri A+B		1.316.532	33.068		
Cevopolagač	C25	23.005	1.304	17,6	
	C26	24.167	1.399	17,3	
	C27	13.088	755	17,3	
	C28	20.851	1.143	18,2	
	C29	32.258	1.839	17,5	
	C30	30.289	1.682	18,0	
	C31	15.029	771	19,5	
	C32	14.083	733	19,2	
	C23	1.898	91	20,9	
	Ukup.	174.668	9.717	18,0	22

	Mašina	Litara	mh	Spec potr. l/mh	Norma l/mh
Pomerač	PT 1	22.919	939	24,4	
	PT 2	21.054	862	24,4	
	PT 3	18.260	760	24,0	
	Ukupno	62.233	2.561	24,3	25
Rovokopač	RK1	1.056	96	11,0	
	RK2	5.057	349	14,5	
	RK3	39.281	1.894	20,7	
	RK4	47.275	2.339	20,2	
	RK11	12.079	777	15,5	
	RK12	13.250	767	17,3	
	RK7	18.892	1.125	16,8	
	RK8	14.113	874	16,1	
	RK9	27.704	2.234	12,4	
	RK10	25.915	2.100	12,3	
	UDS3	7.626	683	11,2	
	RK13	0	0		
	Ukupno	212.248	13.238	16,0	18
Utovarač	ULT 15	13695	1.234	11,1	
	ULT 16	9494	818	11,6	
	ULT7	11435	1.102	10,4	
	ULT 10	320	26	12,5	
	ULT 11	7979	710	11,2	
	ULT 14	1778	830	2,1	
	ULT8	4477	338	13,3	
	ULT9	2802	513	9,5	
	Ukupno	51.980	5.570	9,3	12
Komb. mašina	Skip 1	1.544	225	6,9	
	Skip 2	317	43	7,4	
	Skip 3	12.175	1.667	7,3	
	Skip 4	10.209	1.324	7,7	
	Skip 5	13.253	1.943	6,8	
	ukupno	37.498	5.202	7,2	8
Dizalica	Lokateli 1	3.767	743	5,1	
	Lokateli 2	5.073	770	6,6	
	Tatra 5	865	73	7,8	
	Tatra 6	3.704	808	4,6	
	Tatra 7	1.520	311	4,9	
	Tatra 8	6.317	1.601	3,9	
	Ukupno	21.246	4.306	4,9	6

Tabela 13. Potrošnja, rad, specifična potrošnja i normativ u 2015. godini za vozila

Vozilo	Litara	km	l/100km	Norma l/100 km
Iveco 2	4.936	13.947	35,4	40
Iveco 3	917	2.285	40,1	40
Iveco 4	2.558	5.788	44,5	40
Iveco ČS	8.306	23.089	36,0	40
Iveco 7	6.816	18.119	37,6	40
Iveco 8	8.892	28.060	31,7	40
Iveco 9	1.779	4.057	43,9	40
Iveco 10	763	1.859	41,0	40
Iveco 11	410	896	45,8	40
Tatra 14	9.449	14.177	66,7	65
Tatra 15	8.268	12.634	65,3	65
Tatra 17	14.062	23.561	59,7	65
Tatra 18	1.765	2.245	78,6	65
Tatra 19	9.946	15.082	65,9	65
Tatra 20	9.739	17.804	54,7	65
Tatra 21	15.952	28.114	56,7	65
Tatra 22	14.257	23.442	60,8	65
Kamaz 7	9.764	15.593	62,6	65
Ukupno	128.555	250.708	51,3	53
Toyota T1	1.621	20.254	8,0	10
Toyota T2	2.378	22.681	10,5	10
Toyota T3	4.107	50.230	8,2	10
Toyota T4	588	5.332	11,0	10
Toyota T5	1.818	16.662	10,9	10
Toyota T6	2.827	30.499	9,3	10
Zastava, Z1	2.533	14.111	18,0	18
Zastava Z2	3.499	19.217	18,2	18
Zastava Z3	2.375	12.892	18,4	18
Zastava Z4	2.615	14.783	17,7	18
ukupno	24.361	206.661	11,8	13
Citroen sm.	1.359	14.342	9,5	10
Mahindra	855	9.871	8,7	10
Ukupno	2.214	24.213	9,1	10
	Litara	mh	l/mh	Norma l/mh
TR 12	822	213	3,9	5
TR 20	930	136	6,8	5
TR 9	5.895	799	7,4	7

Vozilo	Litara	km	l/100 km	Norma l/100 km
UAZ 60	2.137	12.446	17,2	20
UAZ 63	2.098	12.319	17,0	20
UAZ 55	808	6.473	12,4	20
UAZ 64	786	7.595	10,3	20
UAZ 65	5.448	31.021	17,6	20
UAZ 70	773	4.543	17,0	20
UAZ 71	5.226	26.708	19,6	20
UAZ 72	2.733	19.691	13,9	20
UAZ 73	8.802	46.902	18,8	20
UAZ 77	2.347	12.737	18,4	20
UAZ 78	2.358	12.182	19,4	20
UAZ 81	249	1.291	19,3	19
UAZ 82	703	4.112	17,1	19
UAZ 84	775	3.310	23,4	19
UAZ 85	5.974	46.563	12,8	19
UAZ 86	2.226	9.492	23,5	19
UAZ 88	2.895	12.857	22,5	19
UAZ 89	575	3.505	16,4	19
UAZ 91	3.530	18.395	19,2	19
UAZ 92	7.123	35.211	20,2	19
UAZ 93	15.836	81.253	19,5	19
UAZ 94	16.420	84.326	19,5	19
UAZ 95	6.928	43.971	15,8	19
UAZ 96	5.730	32.470	17,6	19
UAZ 97	6.351	35.083	18,1	19
UAZ 98	1.313	7.526	17,4	19
UAZ 99	5.445	31.373	17,4	19
UAZ 100	6.160	35.124	17,5	19
UAZ 101	2.023	11.771	17,2	19
UAZ 102	2.291	13.679	16,7	19
UAZ 103	2.332	13.092	17,8	19
UAZ 104	758	4.220	18,0	19
UAZ 105	4.730	27.840	17,0	19
UAZ 106	4.192	21.734	19,3	19
UAZ 107	4.546	24.931	18,2	19
UAZ 108	2.389	12.447	19,2	19
UAZ	1.601	8.879	18,0	19

5. Ostvareni moto sati radnih mašina i pređeni kilometri vozila tokom 2016. godine

Tokom 2016. godine ostvaren je broj radnih sati na nivou plana, odnosno približno kao i u poslednjih par godina. Značajno povećanje radnih sati je kod rovokopača i autodizalica što je prouzrokovano povećanim

zahtevima, zbog lošijeg odvodnjavanja kopa i preklapanjem termina remonata osnovne rudarske mehanizacije (Tabela 14).

Tabela 14. Pregled ostvarenih moto sati za poslednje 3 godine i plan ostvarenja radnih mašina za 2017. godinu

	Ostvareno			**Plan 2016. - mh**		**Plan 2017.**
Mašine	Ostv. mh 2014	Ostv. mh 2015	Ostv. 2016 /mh	Plan 2016 /mh	Ostv. plana mh (%)	
Buldozeri A	7.549	3.755	4.420	5.000	88,4	5.000
Buldozeri B	21.824	29.313	29.597	29.000	102,1	29.000
Buldozeri A+B	29.373	33.068	34.017	34.000	100,0	34.000
Cevopolagači	9.094	9.717	9.438	9.500	99,3	9.500
Pomerači	2.538	2.561	2.131	2.500	85,2	2.500
Rovokopači	11.234	13.238	17.511	14.000	125,1	18.000
Ulte	4.974	5.570	5.504	6.000	91,7	5.500
Dizalice	4.266	4.306	6.102	5.000	122,0	6.000
Komb. Maš.	5.020	5.202	4.935	6.000	82,3	6.000
Telehendler	0	0	666	0	0,00	900
Ukupno mh	67.334	73.662	80.304	77.000	103,70	82.400

Na površinskom kopu Ćirikovac je u 2016. godini povećana upotreba pomoćnih mašina i vozila, zbog planiranih radova na saniranju završne kosine i formiranja pepelišta termoelektrana (Tabele 15 i 16).

Tabela 15. Pregled ostvarenih moto sati za poslednje 3 godine i plan ostvarenja mašina za 2017. godinu

	Ostvareno			**Plan 2016. - mh**		**Plan 2017.**
Mašine	Ostvareno 2014.,	Ostvareno 2015.,	Ostvareno 2016.,	Plan 2016	Ostvarenje plana,	
Buldozeri B	2.376	2.000	3.125	3.500	89,3%	3.500
Cevopolagači	31	72	68	100	68,0%	100
Rovokopači	0	0	132	200	66,0%	200
Ult	500	670	646	600	107,7%	600
Ukupno mh	2.907	2.742	3.971	4.400	90,3%	4.400

Tabela 16. Pregled pređenih kilometara vozila za poslednje 3 godine i plan ostvarenja za 2017. godinu

Vozila	**Ostv. 2014.**	**Ostv. 2015.**	**Ostv. 2016.**	**Plan 2016.**	**Ostv. plana (%)**	**Plan 2017.**
Autobusi/km	372.262	250.708	247.192	300.000	82	250.000
Teretna Eurodiz./km	103.342	206.661	290.285	110.000	264	300.000
Ostalo Eurodiz/km		24.213	45.801	40.000	61	25.000
Ukupno vozila Eurodiz.	479.616	490.877	583.278	450.000	125	575.000
Traktori/mh	4.012	9.295	10.262	10.000	103	10.000
Terenska BMB	942.062	822.311	660.120	800.000	83	700.000
Teretna BMB		0	19.643	30.000	65	10.000
Vozila Ćirikovac BMB			57.812	20.000	289	30.000
Putnička, ostalo BMB		135.921	137.058	150000	91	160000
Vozila BMB ukupno km		958.232	874.633	1.000.000	87	900.000

Potrošnja energenata 2016. godine data je u Tabeli 17.

Tabela 17. Potrošnja energenata po mesecima tokom 2016. godine

Mesec	**Motorni benzin**	**Euro dizel**
	Količina (l)	**Količina (l)**
Januar	16.287	203.600
Februar	15.819	199.610
Mart	17.733	230.434
April	15.382	199.103
Maj	15.286	216.190
Jun	14.612	160.718
Jul	15.161	172.958
Avgust	15.491	183.580
Septembar	14.733	179.709
Oktobar	14.298	164.556
Novembar	14.811	187.475
Decembar	15.074	180.264
Godišnja	184.691	2.278.201

U Tabeli 18 je dat pregled potrošnje u poslednje 3 godine. Primetan je rast potrošnje što je u skladu sa rastom ostvarenih moto sati teške mehanizacije. Porast potrošnje motornog benzina je prouzrokovan nabavkom novih terenskih vozila (Uaz) i samim tim njihovom povećanom upotrebom.

Tabela 18. Pregled potrošnje goriva u poslednje 3 godine

Godina	Motorni benzin (BMB), l	Odnos prema predh. godini (%)	Dizel gorivo (Euro dizel), l	Odnos prema predh. godini (%)
2016.	184.691	109	2.278.201	107
2015.	170.203	107	2.138.713	102
2014.	158.843		2.091.463	

Potrošnja goriva, ostvareni mh tokom 2016. godine pomoćne mehanizacije i vozila na površinskim kopovima Ćirikovac i Drmno prikazana je u Tabelama 19 i 20.

Tabela 19. Potrošnja goriva, ostvareni mh tokom 2016. godine pomoćne mehanizacije

Mašina	Int. Oznaka	God. Proiz.	Litara	mh	Sp. potr. lit/mh	Norma l/mh	Mašina	Int. oznaka	God. Proiz.	litara	mh	Spec. potr. l/mh	Norma l/mh
Buldozer A	A1	2003	26.419	471	56,1	65,0	[illegible]	FT1	2009	17.958	672	26,7	27
	A2	2003	60.667	868	68,6			FT2	2009	18.653	672	26,4	
	A3	2007	72.818	1.360	53,6			FT3	2012	19.779	787	24,0	
	A4	2007	16.159	304	53,2			Ukupno		56.620	2.131	26,3	
	A5	2007	47.864	805	59,5		[illegible]	M1	2004	3.181	278	11,3	18,2
	A6	2008	35.137	612	57,4			RK1	2001	8.586	689	12,5	
	Ukupno		238.868	4.420	54,0			RK3	2010	46.777	2.149	21,8	
Buldozer B	K2	1998	5.255	160	32,8	65,0		RK4	2010	19.729	903	21,8	
	B1	2003	22.871	791	28,9			RK16	2016	5.885	474	12,5	
	B2	2003	35.282	1.158	30,6			RK11	2015	47.308	2.963	16,0	
	B3	2003	461	16	28,8			RK12	2015	52.527	2.866	18,3	
	B5	2007	14.176	404	35,1			RK10	2014	24.827	1.865	13,3	
	B6	2007	7.016	178	39,4			RK9	2014	26.757	1.969	13,6	
	B7	2008	19.078	522	36,6			RK13	2015	10.108	857	11,8	
	B8	2008	52.299	1.353	38,7			RK7	2010	23.707	1.264	18,8	
	B10	2011	55.953	1.452	38,5			RK8	2010	16.548	1.020	16,3	
	B11	2011	116.720	2.932	39,8			UDS	2013	3.293	224	14,7	
	B12	2012	30.077	784	38,4			Ukupno		289.203	17.511	16,5	
	B13	2012	96.159	2.564	37,5		[illegible]	ULT15	2011	2.101	183	11,5	15,6
	B14	2012	98.130	2.325	42,2			ULT16	2011	14.856	1.227	12,1	
	B15	2012	88.976	2.364	37,6			ULT07	2003	10.961	1.072	10,2	
	B16	2014	126.788	3.662	34,1			ULT11	2006	6.873	634	10,8	
	B17	2014	123.303	2.987	41,3			ULT14	2010	9.202	809	11,3	
	B18	2015	115.389	2.665	43,3			ULT08	2003	767	95	8,0	
	B19	2015	137.718	3.283	41,9			ULT09	2003	3.085	184	16,6	
	Ukupno		1.143.751	29.597	37,9			ULT17	2016	12.902	1.299	9,9	
Buldozeri A+B			1.382.615	34.017				Ukupno		60.827	5.504	11,1	
[illegible]	C25	2003	12.027	664	18,1	22,0	[illegible]	Skip 2	2006	862	122	7,1	8,5
	C26	2003	13.854	874	15,8			Skip 3	2008	13.075	1.563	8,4	
	C27	2003	12.807	694	18,4			Skip 4	2008	8.891	1.154	7,8	
	C28	2011	19.751	1.063	18,6			Skip 5	2014	14.885	2.096	7,1	
	C29	2011	24.539	1.555	15,8			Ukupno		37.813	4.935	7,7	

Tabela 20. Pređena kilometraža, potrošnja goriva i specifična potrošnja vozila

Gorivo Eurodizel						Gorivo BMB 95					
Vozilo		Litara	km	l/100 km	Norma l/100 km	Vozilo		Litara	km	l/100 km	Norma l/100 km
Autobusi Eurodizel	Iveco D2	2.152	7.810	40,4	45	Terenska vozila BMB 95	UAZ 55	635	3.609	17,6	20
	Iveco D3	1.714	4.912	34,9	45		UAZ 65	1.937	12.223	15,8	20
	Iveco D4	115	273	42,1	45		UAZ 71	340	1.748	19,5	20
	Iveco Č6	4.660	12.700	36,7	45		UAZ 72	556	4.028	13,8	20
	Iveco 7	7.749	19.622	39,5	45		UAZ 73	11.255	56.553	19,9	20
	Iveco 8	6.926	17.826	38,9	45		UAZ 77	1.838	8.911	20,6	20
	Iveco 9	10.054	24.196	41,6	45		UAZ 82	340	1.757	19,4	20
	Iveco 10	10.400	26.812	38,8	45		UAZ 85	79	369	21,4	20
	Iveco 11	7.093	16.042	44,2	45		UAZ 89	1670	9.523	17,5	20
	Iveco 12	7.748	18.806	41,2	45		UAZ 91	2.975	14.500	20,5	20
	Iveco 13	9.717	28.153	34,5	45		UAZ 93	14.335	73.063	19,6	20
	Iveco 14	2.056	5.644	36,4	45		UAZ 94	16.213	81.564	19,9	20
	Iveco 15	1.153	2.836	40,7	45		UAZ 95	7.057	42.718	16,5	20
	Tatra 14	198	312	63,5	65		UAZ 96	5.077	28.550	17,8	20
	Tatra 15	2.484	3.991	62,2	65		UAZ 97	6.036	24.958	24,2	20
	Tatra 17	2.420	4.943	49,0	65		UAZ 98	1.055	5.976	17,7	20
	Tatra 18	2.922	4.871	60,0	65		UAZ 99	5.496	44.789	12,3	20
	Tatra 19	5.185	8.172	63,4	65		UAZ 100	4.853	27.433	17,7	20
	Tatra 20	4.860	7.472	65,0	65		UAZ 101	2.526	13.338	18,9	20
	Tatra 21	4.814	7.575	63,6	65		UAZ 102	2.077	12.426	16,7	20
	Tatra 22	14.836	24.016	61,8	65		UAZ 103	2.195	12.312	17,8	20
	Kamaz 7	80	208	38,5	65		UAZ 104	986	5.665	17,4	20
	Ukupno	110.336	267.192	44,6	53		UAZ 106	6.584	37.848	17,4	20
Terenska Eurodizel	Toyota T1	2.059	21.707	9,5	12		UAZ 107	3.421	16.929	20,2	20
	Toyota T2	3.420	28.612	12,0	12		UAZ 108	2.329	12.141	19,2	20
	Toyota T3	4.524	48.801	9,3	12		UAZ 109	1.591	10.480	15,2	20
	Toyota T4	1108	10.757	10,3	12		UAZ 110	6.488	33.207	19,5	20
	Toyota T5	2.696	22.582	11,9	12		UAZ 111	5.544	30.460	18,2	20
	Toyota T6	4.125	42.377	9,7	10		UAZ 112	1.517	7.542	20,1	20
	Iveco ID1	1.490	8.706	17,1	19		UAZ 113	4.670	25.520	18,3	20
	Iveco ID2	1.567	8.759	17,9	19		Ukupno	121.674	660.120	18,4	20
	Iveco ID3	4.883	26.798	18,2	19	Teret. na BMB	UAZ 33	682	3.553	19,2	25

6. Zaključak

Na osnovu prikazanih rezultata očigledan je ostvaren pomak u racionalnosti korišćenja mašina i vozila pomoćne mehanizacije u proteklom periodu, a naročito u poslednjih pet godina. Rezultati se odnose na smanjenje troškova eksploatacije, pogotovu kad se radi o potrošnji energenata, što je podpomognuto tačnijom evidencijom o

kretanju mašina i vozila potpomognuto primenom GPS/GPRS sistemom nadzora. Analiza odnosa broja radne snage na održavanju mašina i vozila pokazuje da se primenom novih metoda održavanja veći broj vozila i mašina uspešno održava, što takođe smanjuje ukupne troškove održavanja pomoćne mehanizacije u proteklom periodu.

Literatura

1. Tasić N., Đurić R., Aleksić Ž.: Stanje i problemi održavanja pomoćne mehanizacije na površinskim kopovima eps, X-međunarodni simpozijum Mehanizacija i automatizacija u rudarstvu, MAREN 2012, Lazarevac, 2012., CD Varijanta slajd br.10, Izdavač EPS, 2012.
2. Đurić R., Milošević Z., Crnčević M.: Energetska efikasnost mašina pomoćne mehanizacije na površinskom kopu Drmno za period 2011-2015, 8. Simpozijum sa međunarodnim učešćem Rudarstvo 2017, Palić, Zbornik: ISBN 978-86-80420-13-4; CIP 622(082);502/504(082); COBISS.SR-ID 234091276, Privredna komora Srbije, str.118-12, 2016.
3. Đurić R., Krstić S., Milošević Z.: Evaluation of exploitation and maintenance support machines on open pit drmno in eps branch te-ko kostolac, XIV International Conference of the Open and Underwater Mining of Minerals, 2017 Varna, Bulgaria, Proceedings, pages 189-196, 2017.
4. Stević D.: Tehnički izveštaj sektora pomoćne mehanizacije za 2015. godinu i plan za 2016. godinu, 2016.
5. Stević D.: Tehnički izveštaj sektora pomoćne mehanizacije za 2016. godinu, 2017.

RWE "ASSET CARE" - A NEW PARADIGM IN MAINTENANCE MANAGEMENT

Eberlein M.[1], Heiertz A.J.[2]

1 Introduction

RWE Power AG is operating three opencast lignite mines in the Rhenish Mining Area with an annual production of up to 100 million tons of lignite (Figure 1). 90 % of the lignite is used to generate electricity in the adjacent RWE power plants. 10% of the produced lignite is used for refining purpose. Extraction and transport of the lignite and overburden in the three opencast mines is ensured by fully continuous materials handling systems. In all the RWE mines in Germany 20 bucket-wheel excavators and 19 spreaders are connected by belt conveyor systems with a total length of 250km. The bucket wheel excavators utilized in the operations have a weight up to 14,500t, a height of up to 96m and a length of up to 225m each. They are designed for handling capacities of up to 240,000m^3+t per day.

Among others the task of maintenance is to ensure the required technical availability of these equipment units. This includes, on the one hand, the repair of wear-related damage resulting from the operation of the equipment and on the other hand technical improvements required due to economic reasons. To this end, the maintenance division performs a scheduled repair measure about every 30 days. More comprehensive measures are implemented every three to five years as part of basic

[1] Eberlein Mark, RWE, Germany
[2] Heiertz Arie-Johan, RWE, Germany

repairs that can take several weeks. In this work, occupational safety takes top priority. If occupational safety is to be ensured at the highest level and the duration of equipment downtimes limited, high planning accuracy of the maintenance processes is required. The plant information system (AIS) is providing all necessary information in a transparent manner.

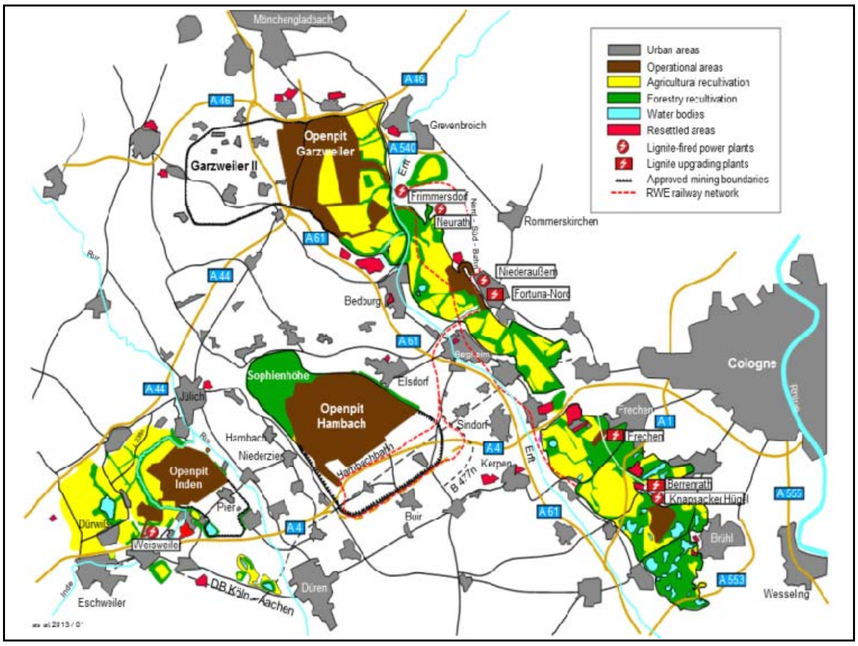


Figure 1 Overview Rhenish lignite mining area

2 The plant information system as a central database

The monitoring of the current plant condition and a reliable forecast of the operational behaviour form an essential basis for efficient maintenance. With the plant information system, a central database has been created that processes and stores all maintenance-relevant data in a clearly structured manner and thus serves as a working and information system for the machinery and equipment maintenance staff. SAP-PM is for RWE the preferred database here. Data preparation in line with requirements and the user-friendly interface, however, were planned to be implemented by an individual front-end solution.

The starting basis for the project were various data sets that contained information on individual parts and components in different forms.

Data on plant condition plus operating and usage data, for example, were available in different databases in the mines. The spare parts store had inventory data and, in some places, also procurement data. The Mines Engineering Centre with its central engineering competence stored all design, manufacturing and maintenance data for components. The data sets overlapped, so that some data (e.g. master data) were maintained in two systems. Moreover, these databases could not be accessed by all users across the mining area. The task was to eliminate duplicate data maintenance and make the data from the above divisions available to all other divisions in the mining area. For this purpose, the various databases had to be captured and linked with the AIS or the data imported into the AIS.

Then the established data had to be integrated into the existing process landscape of the Opencast Mines segment. The concept required that the data stored here be individually prepared using various SAP or front-end solutions. The AIS seamlessly fits into this concept and provides the data in a clear and user-friendly manner. The interface is designed intuitively so that it can also be used without difficulty by less experienced SAP users.

The next step involved the programming of a mobile front-end software that, as a mobile AIS (mAIS), extracts the data from the PM system via a middleware and synchronizes the data entry into the system. All those involved have direct access to the data in both systems. This creates full transparency as regards both the condition of the various plants and the lifecycle of components.

The condition data are tracked by the system in time series for evaluation. In addition to manually entered condition data, the system automatically links operating data (output, operating hours etc.) from other databases with the technical components. This allows forecast values to be generated for remaining service lives and maintenance measures to support those taking decisions in maintenance matters.

The plant maintenance system is geared to the various roles existing in the maintenance process. By providing masks for data entry and the further processing of the data, the maintenance process is mapped and pre-defined in the plant information system. This cycle is shown in Figure 2. The plant condition is recorded by the plant support technician and entered in the AIS in the form of a notification. This information is then submitted in list form to the plant supervisor for decision. He decides whether and at what time a measure is to be converted into a job. The jobs to be performed are then planned by the Technical Support/Job Scheduling department and executed by the field service or external

service providers. Since the data is transmitted from one step to the next in the form of workflows, duplicate data entry is completely avoided. All those involved in the process can see at any time how far a maintenance process has progressed.

The general lifecycle process of plant components is also predefined in the AIS for all areas from the opencast mine via the Engineering Centre to the spare parts store and can be accessed by all those involved in a transparent manner.

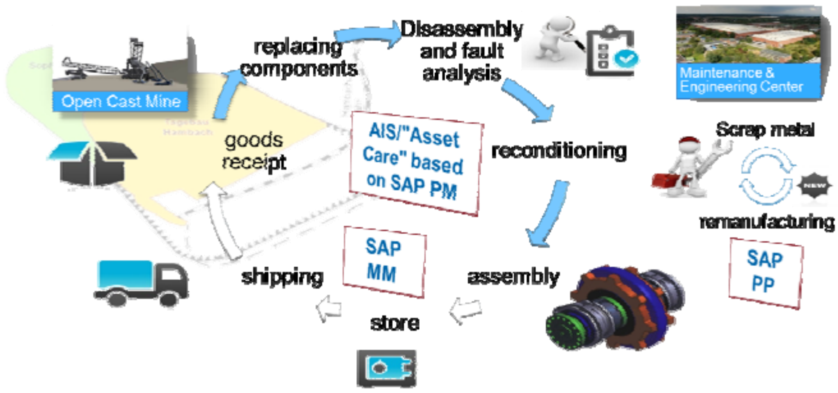


Figure 2 Lifecycle process of plant components

3 Mobilization of the application - mobile AIS (mAIS)

In order to be able to use the SAP-PM maintenance management system in large-scale operations like an opencast mine, a mobile component was added to run the process without system disruptions. The mobile maintenance management system is based on the standardized Netweaver SAP module (in future: SUP) that has been supplemented by a specially developed ergonomic interface. Employees who have had little experience in working on the PC so far are supported by the mobile components. Ergonomics, training and support were important aspects in the introduction of the system.

System introduction included users from job controlling and work scheduling via field operators to system administrators and user interface software engineers.

A deliberate decision had been made to use a commercial software solution that was implemented in the existing maintenance processes and in the plant structure of the AIS. The use of SAP standards makes sure that no interface problems will occur in future. The selected client

software is also being further developed outside of RWE Power, so that innovations and improvements can be easily integrated at low cost into the application.

The data are provided via a three-stage architecture. The system consists of the typical back end (SAP-PM production system) incl. central data storage, a middleware that prepares and exchanges the relevant mobile data and the end devices (clients) that no longer carry the complete data set but only user-specific mobile data.



Figure 3 Ergonomic and flexible interface of the mobile iOS clients (RWE Asset Care mobile application)

With the mobile software that runs on an iOS operating system, high user-friendliness of the application and a high performance incl. rapid synchronization processes, in particular, have been achieved. The application can then via customizing be easily adjusted to individual requirements.

Master and condition data can be directly accessed on site and be entered via measurement value logging. Moreover, the employees on site have all information at their disposal for a repair of the relevant plant that is otherwise only deposited locally in SAP KP1. Also, a bidirectional exchange of file attachments to notifications, e.g. locally created pictures or operating instructions, and a download option for all plant-related documents incl. drawings and bills of material from the SAP DMS has been implemented. So today the mechanic can take all relevant information to the site of operation and enter data on the spot.

4 Integration of maintenance information

Thanks to the two components, AIS and mobile AIS, employees are provided with all important maintenance information in a simple and straightforward way, regardless of whether they are in their office or in

the field. Despite a high degree of plant complexity, all data, but also notifications and jobs are compiled in a central system and can be retrieved from each work place. Besides information management, this allows individual and collective overhauls to be planned centrally and scheduled and followed up intelligently and efficiently.

With the AIS, a central database has been created that maps and documents maintenance processes and prepares all relevant data and makes it available to decision-makers. Since all relevant data has been collected in one database, operating and wear data can now be directly linked and interrelations visualized. By means of computing algorithms, it will then be easy to determine key indicators for the failure probability of components. As the data set is growing, the forecasts will become increasingly accurate.

As a result, the AIS will allow the wear reserve of a wide variety of components to be utilized even better in future by determining the right time of replacement before a repair is executed and, in doing so, optimize lifecycle costs. Exceeding replacement time limits which would possibly lead to downtime or expensive component repairs is avoided. Maintenance measures can be scheduled more accurately and the maintenance staff be deployed more efficiently. Hence, the systematic introduction and use of the AIS resulted in cost cutting that will help reach the defined cost targets.

5 Summary

As a forward-thinking organization RWE utilizes the benefits of digitalization to make the maintenance process of heavy mine equipment more efficient. As part of RWE's Industry 4.0. developments, "Asset Care" is a new maintenance tool, jointly developed by IBM, Apple and RWE based on the existing software applications AIS and mobile AIS. The application handles maintenance processes for any large scale mechanical equipment by managing information and processes in a database easy and fast. It supports O&M experts to maintain equipment in time before major damages and downtime occur. Data is displayed, carried out and documented on a mobile device immediately. The mobile "Asset Care"-App is directly connected via a middleware to any database system and does not depend on mobile connection, which allows for both on- and offline use cases. In addition, images and videos can be handled and stored in a project related database, by utilizing state of the art communication technologies.

The "Asset Care"-App is equally applicable for any large scale

mechanical equipment such as large scale mining equipment, ships, power plants, stockpile or harbor equipment.

Benefits

- Tailored solution according to needs and priorities of your equipment and maintenance
- Reduced maintenance periods through real-time capture of system data
- Reduced equipment outage periods through predictive equipment data and maintenance
- Transparence of KPI's on costs, performance and safety on equipment level
- Easy and intuitive operation through simplified user interface
- Always have precisely the right tool for the job at hand
- Backup and continuous monitoring of maintenance and repair information
- Real-time updates as well as tracking systems based on GPS
- Integrated solution due to OS standards and regular upgrades
- Allows for connections to KPI or big data systems

ANALIZA STABILNOSTI PROJEKTOVANIH KOSINA VODOSABIRNIKA I NASIPA NA KORITU REKE PLJOŠTANICE

STABILITY ANALYSIS OF PROJECTED SLOPES FOR THE WATER COLLECTOR AND EMBANKMENT OF THE PLJOŠTANICA RIVERBED

Gojković N.[1], Čebašek V.[2], Ivoš V.[3], Majstorović J.[4], Petrović N.[5], Petković V.[6]

Apstrakt

Budući površinski kop uglja Radljevo Sever treba u budućnosti da obezbedi potrebne količine uglja za elektro-energetski bilans Republike Srbije. Da bi se to ostvarilo potrebno je sprečiti ulivanje vode iz reke Pljoštanice u kop. Kao rešenje sprečavanja dotoka vode u kop, predviđena je izrada vodosabirnika i zaštitnih nasipa na samom koritu reke. U ovom radu je data analiza stabilnosti projektovanih kosina vodosabirnika i nasipa.

Ključne reči: Radljevo, ugalj, vodosabirnik, stabilnost kosina

[1] Prof. dr Nebojša Gojković,Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[2] Prof. dr Vladimir Čebašek, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[3] Vladimir Ivoš, JP EPS, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[4] Dr Jelena Majstorović, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[5] Nadežda Petrović, JP EPS, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[6] Vladimir Petković, JP EPS, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac

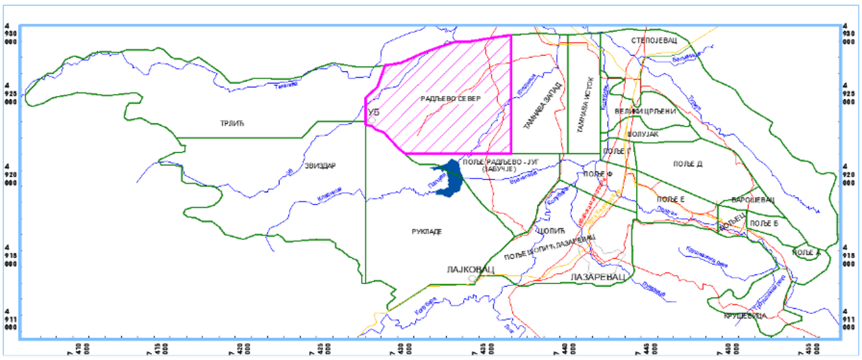
Abstract

The future surface coal mine Radljevo North should provide the necessary quantities of coal for the future energy-electricity balance of the Republic of Serbia. In order to achieve this, it is necessary to prevent the water from the river Pljostanica flowing into the mine. As a solution to the prevention of water inflow into the pit, it is envisaged to make water collectors and protective embankments on the riverbed itself. In this paper, the stability analysis of the projected slopes of the water collector and embankment is given.

Key words: Radljevo, coal, water collector, slope stability

1. Uvod

Ležište Radljevo se nalazi u zapadnom delu Kolubarskog ugljonosnog basena. Severna granica ležišta Radljevo je prirodna i predstavlja granicu isklinjenja ugljene serije. Ostale granice su veštačke. Na zapadu se ležište Radljevo graniči sa ležištima Trlić i Zvizdar, na jugu sa ležištima Ruklade i Jabučje, a na istoku sa ležištem Tamnava-Zapadno Polje (Slika 1.1).

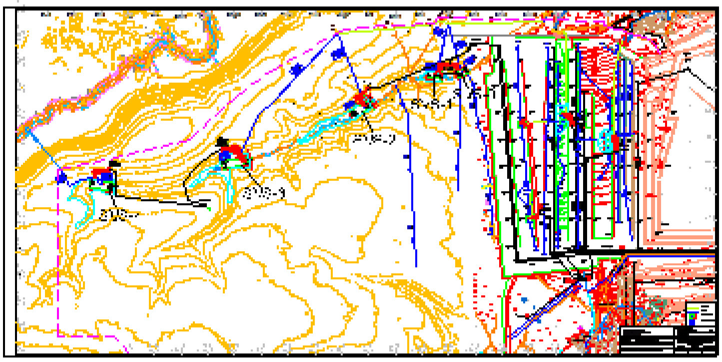


Slika 1.1. Pregledna karta kolubarskog ugljonosnog basena

Otvaranje površinskog kopa Radljevo Sever će biti sa istoka. Mesto otvaranja će biti severno od novog naselja za smeštaj radnika sa površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje i brane Kladnica. To znači da će ti objekti i dalje biti u funkciji. Brana Kladnicaće za duži vremenski period biti glavni objekat zaštite površinskih kopova Tamnava-Zapadno Polje i Radljevo Sever od površinskih voda sa jugozapadnog sliva gde se nalaze vodotokovi Kladnica i Stublenica.

Zbog presecanja korita reke Pljoštanice tokom prve četiri godine od otvaranja kopa, potrebno je izraditi pet vodosabirnika SVS, kako voda

ne bi prodrla u radnu konturu površinskog kopa. Vodosabirnici se izrađuju na samom koritu reke Pljoštanice (Slika 1.2) [3].



Slika 1.2. Lokacije vodosabirnika i nasipa na koritu reke Pljoštanice [3]

Tokom druge godine otvaranja kopa, na Pljoštanici se izrađuju vodosabirnici SVS-4 i SVS-1, a pored njih ili u njima se instaliraju pumpne stanice SPS-4 i SPS-1. Voda iz vodosabirnika SVS-1 se pumpnim agregatima preko potisnih cevovoda prepumpava do šahte na odvodnom gravitacionom cevovodu OGC, dok se voda iz vodosabirnika SVS-4 prepumpava do Kanala-1 (on vodu sprovodi do korita reke Ub). Tokom treće godine izgradiće se vodosabirnici SVS-3 i SVS-0, a u četvrtoj godini i vodosabirnik SVS-2. Voda iz ovih vodosabirnika se pumpnim agregatima preko potisnih cevovoda prepumpava do šahti na odvodnom gravitacionom cevovodu OGC. Ispred vodosabirnika SVS-1, SVS-2, SVS-3 i SVS-4 izrađuju se i zaštitni nasipi [3].

2. Izbor računskih parametara

Ležište Radljevo Sever ima osnovne elemente geološke građe Kolubarskog basena, a posebnosti su diktirane položajem u basenu. Ugljonosna serija, miocenske starosti, predstavlja heterogenu i anizotropnu sredinu koju čine slojevi i proslojci uglja, peska i gline. Krovinu i povlatu čine slabo vezane i nevezane - meke stenske mase. U krovini ugljonosne serije smenjuju se članovi sa funkcijama hidrogeoloških kolektora, ređe izolatora: glina, pesak, šljunak (kvartarne starosti), prašine, alevriti i pesak (miocenske starosti). Podinu čine, takođe sedimenti miocenske starosti: pesak sa manjim ili većim učešćem prašinaste komponente.

Geotehnički model terena je definisan na osnovu: geoloških, strukturnih, inženjerskogeoloških, hidrogeoloških, geodetskih i rudarsko-

tehnoloških podloga, kao i rezultata laboratorijskih ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava litoloških članova.

Fizičko-mehanička svojstva stenskih masa su ispitivana uglavnom u laboratorijskim uslovima na uzorcima standardnih dimenzija, po važećim propisima i standardima. Kod krupnozrnih sredina kao što su krovinski peskoviti šljunkovi, parametri čvrstoće na smicanje određeni su na osnovu granulometrijskog sastava.

Prema rezultatima ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava stenskog materijala, geološkim uslovima njegovog formiranja i nastanka, analiza je izvršena za raspoložive podatake. U razmatranje su uzeti sledeći fizičko-mehanički parametri stenskog materijala: zapreminska težina γ, ugao unutrašnjeg trenja φ i kohezija c. Izbor računskih parametara izvršen primenom *Mohr-Coulomb*-ovog kriterijum loma. Parametri čvrstoće zastupljenih stenskih masa ustanovljeni su na osnovu rezultata laboratorijskih ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava uzoraka. Usvojene vrednosti pojedinih fizičko-mehaničkih parametara neophodnih za dalje analize stabilnosti kosina su prikazane u Tabeli 2.1.

Za potrebe analize stabilnosti kosine nasipa vodosabirnika, koji se izrađuju zbijenom iskopanom materijalu kvartarne gline, su za proračune usvojene vrednosti fizičko-mehaničkih parametara koje su prikazane u Tabeli 2.2.

Tabela 2.1. Vrednosti geomehaničkih parametara usvojenih za geomehaničke proračune na PK Radljevo Sever

Geotehnička sredina		**Zapreminska težina, γ (kN/m^3)**	**Kohezija, c (kN/m^2)**	**Ugao unutrašnjeg trenja, φ (°)**
Oznaka	**Stenski materijal**			
1gl	Glina kvartarna	19.8	15	17
1p	Pesak aluvijalni i terasni	20	5	25
1š	Šljunak aluvijalni i terasni	20	0	28
2	Pesak, povlatni	18.7	10	30
2a, 2b	Alevrit, povlatni	18.5	38	19
2c IIgl IIgl	Glina, visokoplastična Tamnosiva i ugljevita povlatna	17	5	8
II III	Ugalj (II i III sloj)	11.5	75	37
3a	Glina visokoplasitična-međuslojna u II i III ugljenom sloju	15.3	30	9
3b 4	Pesak, međuslojni i podinski	17.3	15	28
5	Glina, podinska	18	10	26

Tabela 2.2. Vrednosti geomehaničkih parametara nasipa usvojenih za geomehaničke proračune

Geotehnička sredina		Zapreminska težina, γ (kN/m^3)	Kohezija, c (kN/m^2)	Ugao unutrašnjeg trenja, φ (°)
Oznaka	**Stenski materijal**			
N	Glina kvartarna	19.8	13.5	15.38

Prilikom analize stabilnosti kosina u navedenim sredinama u obzir je uzet uticaj podzemne vode. Nivo podzemnih voda u telu nasipa je određen primenom metode konačnih elemenata za stabilan režim strujanja podzemnih voda i njegov nivo je određen na osnovu nivoa vode ispred samog nasipa. Shodno prethodnom proračunom je određena vrednog pornog pritiska u telu samog nasipa i podlozi (kvartarna glina). Za potrebe proračuna nivo podzemnih voda usvojene su sledeće vrednosti koeficijenta filtracije:

- kvartara glina (podloga): $k = 4*10^{-7}$,
- nasip: $k = 4*10^{-6}$.

3. Analiza stabilnosti kosina vodosabirnika i zaštitnih nasipa

Analiza stabilnosti kosine nasipa vodosabirnika je izvršena za visinu kosine od 7 m i ugao nagiba kosine od 30^o. Asvi nasipi se izrađuju od kvartarne gline.

Analiza stabilnosti projektovanih kosina vodosabirnika površinskog kopa Radljevo Sever je izvršena za vodosabirnike SVS-1, SVS-2, SVS-3 i SVS-4. Geometrija kosina za analizirane vodosabirnike je prikazana u Tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Geometrija kosina projektovanih vodosabirnika

Oznaka vodosabirnika	Visina kosine, H (m)	Ugao nagiba kosine, α (^{o})
SVS – 1	8.70	26
SVS – 2	10.93	26
SVS – 3	10.65	25
SVS – 4	13.00	27

Analiza stabilnosti kosina vodosabirnika SVS-1, SVS-2, SVS-3 i SVS-4 je izvršena za tri karakteristična slučaja: prazan vodosabirnik, vodosabirnik sa očekivanim nivoom vode i vodosabirnik sa maksimalnim nivoom vode.

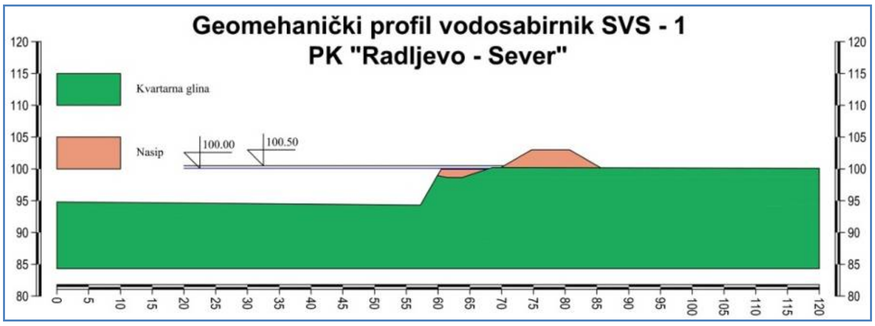
Analiza stabilnosti kosine nasipa je izvršena metodom A. W. Bishop-a, a za ove potrebe korišćen je programski paket SLIDE. Analiza stabilnosti projektovanih kosina vodosabirnika i nasipa izvršena metodom konačnih elemenata, a za ove potrebe korišćen je programski paket PHASE^2. Tako je određen položaj kliznog kruga sa minimalnim faktorom

sigurnosti od 1.298.

3.1. Rezultati analize stabilnosti kosina

Vodosabirnik SVS-1 i zaštitni nasip

Na profilu vodosabirnika SVS-1 i zaštitnog nasipa kosina se sastoji od kvartarne gline kao i sama podloga nasipa (Slika 3.1).



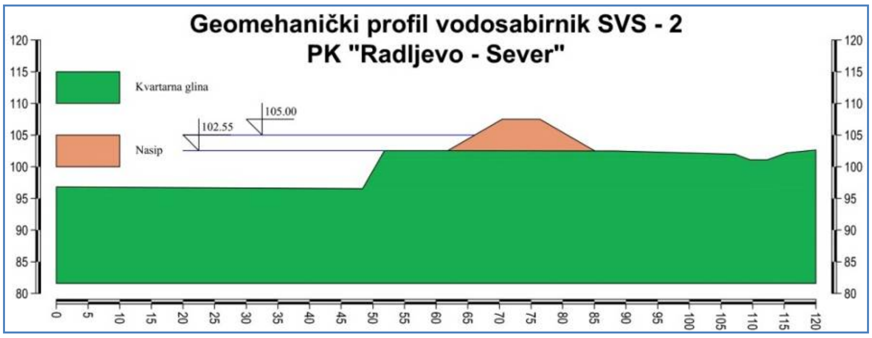
Slika 3.1. Izgled kosine vodosabirnika SVS-1 i zaštitnog nasipa

U Tabeli 3.2 je dat prikaz rezultata analize stabilnosti kosine vodosabirnika SVS-1 i zaštitnog nasipa za sva tri karakteristična slučaja.

Tabela 3.2. Prikaz geometrije kosine vodosabirnika SVS-1 i nasipa sa rezultatima analize stabilnosti

Stanje na profilu	**Visina kosine, H (m)**	**Ugao nagiba kosine, α (°)**	**Faktor sigurnosti, F_s**
Prazan vodosabirnik	8.70	26	> 1.22 (> 1.75)
Vodosabirnik sa očekivanim nivoom vode (kota 100 m)	8.70	26	1.82
Vodosabirnik sa maksimalnim nivoom vode (kota 100.5 m)	8.70	26	1.88

Na profilu vodosabirnika SVS-2 i zaštitnog nasipa kosina se sastoji od kvartarne gline kao i sama podloga nasipa (Slika 3.2), dok je u Tabeli 3.3 dat prikaz rezultata analize stabilnosti kosine.



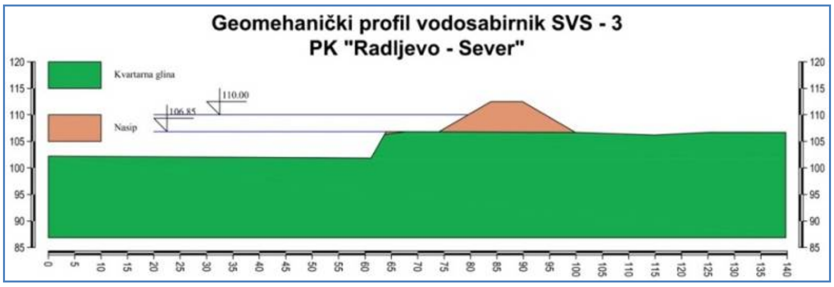
Slika 3.2. Izgled kosine vodosabirnika SVS-2 i nasipa

Tabela 3.3 Prikaz geometrije kosine vodosabirnika SVS-2 i nasipa sa rezultatima analize stabilnosti

Stanje na profilu	**Visina kosine, H (m)**	**Ugao nagiba kosine, α (^{o})**	**Faktor sigurnosti, F_s**
Prazan vodosabirnik	10.93	26	> 1.26 (> 1.37)
Vodosabirnik sa očekivanim nivoom vode (kota 102.55)	10.93	26	1.56
Vodosabirnik sa maksimalnim nivoom vode (kota 105.00)	10.93	26	1.69

Vodosabirnik SVS-3 i zaštitni nasip

Na profilu vodosabirnika SVS-3 i zaštitnog nasipa kosina se sastoji od kvartarne gline kao i sama podloga nasipa (Slika 3.3), dok je u Tabeli 3.4 dat prikaz rezultata analize stabilnosti kosine.



Slika 3.3. Izgled kosine vodosabirnika SVS-3 i zaštitnog nasipa

Tabela 3.4. Prikaz geometrije kosine vodosabirnika SVS-3 i nasipa sa rezultatima analize stabilnosti

Stanje na profilu	**Visina kosine, H (m)**	**Ugao nagiba kosine, α (°)**	**Faktor sigurnosti, F_s**
Prazan vodosabirnik	10.65	25	> 1.39 (>1.56)
Vodosabirnik sa očekivanim nivoom vode (kota 106.85 m)	10.65	25	1.50
Vodosabirnik sa maksimalnim nivoom vode (kota 110 m)	10.65	25	1.54

Vodosabirnik SVS-4 i zaštitni nasip

Na profilu vodosabirnika SVS-4 i zaštitnog nasipa kosina se sastoji od kvartarne gline kao i sama podloga nasipa (Slika 3.4), dok je u Tabeli 3.5 dat prikaz rezultata analize stabilnosti kosine.



Slika 3.4. Izgled kosine vodosabirnika SVS-4 i zaštitnog nasipa

Tabela 3.5. Prikaz geometrije kosine vodosabirnika SVS-4 i nasipa sa rezultatima analize stabilnosti

Stanje na profilu	***Visina kosine H (m)***	***Ugao nagiba kosine α (°)***	***Faktor sigurnosti F_s***
Prazan vodosabirnik	13.00	27	> 1.35
Vodosabirnik sa očekivanim nivoom vode (kota 112.40)	13.00	27	1.35
Vodosabirnik sa maksimalnim nivoom vode (kota 118.50)	13.00	27	1.36

Prema rezultatima analize stabilnosti projektovanih kosina vodosabirnika i zaštitnih nasipa i Pravilniku o tehničkim normativima za površinsku eksploataciju ležišta mineralnih sirovina, može se zaključiti da su kosine na profilima za sve analizirane slučajeve stabilne, odnosno da je faktor sigurnosti završnih kosina veći od 1.30.

4. Zaključak

Geomehanička problematika formiranja vodosabirnika na koritu reke Pljoštanice analizirana je na osnovu proračuna stabilnosti kosina formiranih nasipa, maksimalne ukupne visine formirane kosine od 7 m (SVS-4). Nakon toga je analizirana stabilnost celokupne kosine projektovanih vodosabirnika SVS-1, SVS-2, SVS-3 i SVS-4 izrađenih u kvartarnim glinama zajedno sa formiranim nasipima, maksimalne ukupne visine formirane kosine od 13 m i ugla nagiba kosine $\alpha = 27^o$ (SVS-4).

Analiza stabilnosti kosina nasipa vodosabirnika izrađenih u nasutom zbijenom materijalu kvartarne gline izvršena je metodom A. W. Bishop-a primenom programskog paketa SLIDE. Proračun i analiza stabilnosti projektovanih kosina vodosabirnika i nasipa je izvršena metodom konačnih elemenata koršćenjem programskog paketa PHASE^2.

Vrednosti minimalnih faktora sigurnosti za analizirane celokupne kosine projektovanih vodosabirnika SVS-1, SVS-2, SVS-3 i SVS-4 izrađenih u kvartarnim glinama zajedno sa formiranim nasipima su prikazani u Tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Vrednosti minimalnih faktora sigurnosti za analizirane celokupne kosine projektovanih vodosabirnika SVS-1, SVS-2, SVS-3 i SVS-4

Vodosabirnik	**Stanje na profilu**	**Visina kosine, H (m)**	**Ugao nagiba kosine, α (°)**	**Faktor sigurnosti, F_s**
SVS - 1	Prazan vodosabirnik	8.70	26	> 1.22 (> 1.75)
	Vodosabirnik sa očekivanim nivoom vode (kota 100.00)	8.70	26	1.82
	Vodosabirnik sa maksimalnim nivoom vode (kota 100.50)	8.70	26	1.88
SVS – 2	Prazan vodosabirnik	10.93	26	> 1.26 (> 1.37)
	Vodosabirnik sa očekivanim nivoom vode (kota 102.55)	10.93	26	1.56
	Vodosabirnik sa maksimalnim nivoom vode (kota 105.00)	10.93	26	1.69

SVS – 3	Prazan vodosabirnik	10.65	25	> 1.39 (> 1.56)
	Vodosabirnik sa očekivanim nivoom vode (kota 106.85)	10.65	25	1.50
	Vodosabirnik sa maksimalnim nivoom vode (kota 110.00)	10.65	25	1.54
SVS - 4	Prazan vodosabirnik	13.00	27	> 1.35
	Vodosabirnik sa očekivanim nivoom vode (kota 112.40)	13.00	27	1.35
	Vodosabirnik sa maksimalnim nivoom vode (kota 118.50)	13.00	27	1.36

Uvidom u rezultate proračuna i Pravilnik o tehničkim normativima za površinsku eksploataciju ležišta mineralnih sirovina, može se zaključiti da su analizirane kosine za sve analizirane slučajeve uslova ovodnjenosti stabilne, odnosno da su faktori sigurnosti kosina F_{min} veći od 1.30.

Prilikom formiranja nasipa vodosabirnika, neophodno je napomenuti da lokaciju na kojoj će se formirati nasip je neophodno pripremiti na odgovarajući način. Prethodno podrazumeva pripremu terena koje podrazumeva uklanjanje rastinja i humusnog sloja.

Formiranje nasipa vodosabirnika se izvodi u tri koraka: nasipanjem iskopanog stenskog materijala, planiranje ovog materijala u ravnomernim slojevima debljine h = 25 cm i sabijanje slojeva materijala valjkom. Nasipanje lokacije nasipa je potrebno vršiti iskopanim materijalom od kvartarne gline (iz iskopa za vodosabirnik). Nakon toga se pristupa planiranju ovog materijal uz pomoć buldozera u slojevima debljine h = 25 cm. Prilikom pripreme svakog sloja stenskog materijala pre nego što se započne sa sabijanjem potrebno je materijal, ukoliko nije dovoljno provlažen, polivati vodom pomoću prskalica da bi se obezebedila maksimalna zbijenost. Kada se završi sa planiranjem i pripremom pristupa se sabijanju nekoherentnog materijal pomoću glatkog vibrovaljka minimalne težine 50 kN (maksimalne 150 kN).

Zbijanje se vrši sa najmanje 6 duplih prelaza po celoj površini sloja materijala.

Literatura

1. Centar za površinsku eksploataciju Beograd i Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki falkultet, Tehnički rudarski projekat odbrane kopa od površinskih voda, Beograd, Srbija, 2016.
2. Pavlović V., Šubaranović T., Polomčić D.: Sistemi odvodnjavanja površinskih kopova, Univerzitetski udžbenik, str. 522, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Srbija, 2012.
3. Subaranovic T., Ivos V., Pavlovic V., Minic Z.: Protection of lignite opencast mine Radljevo North from the water of river Pljostanica, Proceedings of the XIV International conference of the open and underwater mining of minerals, p.p. 350-354, ISSN: 2535-0854, Varna, Bulgaria, 2017.

ANALIZA TRENDA TEHNIČKE RASPOLOŽIVOSTI BULDOZERA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA ELEKTROPRIVREDE SRBIJE

ANALYSIS OF THE BULLDOZER TECHNICAL AVAILABILITY TREND ON SURFACE MINES AT ELECTRIC POWER INDUSTRY OF SERBIA

Ignjatović D.[1], Jovančić P.[2], Janković I.[3], Đenadić S.[4], Miletić F.[5]

Apstrakt

Jedan od osnovnih preduslova za zadovoljavajuće vremensko i kapacitetivno iskorišćenje kontinualnih sistema na površinskim kopovima leži u zadovoljavajućem angažovanju mašina pomoćne mehanizacije kako po broju tako i vrsti, a pre svega dozera koji su najzastupljeniji od svih pomoćnih mašina. Trend pada raspoloživosti predstavlja veoma značajan indikator za određivanje najpogodnije vrste dozera za rad na površinskim kopovima i za određivanje optimalnog vremena njihove zamene, kako bi se se obezbedio uvek dovoljan broj mašina u radu i smanjili troškovi njihove eksploatacije. U radu je prikazana analiza ostvarenih rezultata (vremena rada i zastoja) dozera na našim površinskim kopovima kao i trend pada raspoloživosti u zavisnosti od

[1] Ignjatović Dragan, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet
[2] Jovančić Predrag, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet
[3] Janković Ivan, Ministarstvo rudarstva i energetike, Beograd
[4] Đenadić Stevan,, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet
[5] Miletić Filip, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

tipa dozera i proizvođača.

Ključne reči: Površinski kopovi, buldozeri, raspoloživost, zastoji, vek trajanja

Abstract

One of the main conditions for achieving proper time utilization and nominal production rate of continuous systems on open cast mines is satisfactory engagement of auxiliary machines, both in terms of number and types. This is mainly related to bulldozers which are most common. Decreasing trend of dozers availability is significant indicator for determination of most suitable dozer for operation on open cast mines, including determination of their replacement interval. This would provide sufficient number of operating machines and also it would reduce their operational costs. This paper provides an analysis of dozer's times in operation and in fault at open cast mines, as well as decreasing availability trend on relation to the type of dozer and manufacturer.

Key words: Open cast mines, bulldozers, availability, faults, operational life

1. Uvod

Na površinskim kopovima sa kontinualnim sistemima eksploatacije (BTO i BTD sistemima) uporedo sa odvijanjem osnovnog proizvodnog procesa (otkopavanje, transport i odlaganje, odnosno deponovanje otkopanih masa) krupnom mehanizacijom, prisutni su brojni i veoma raznovrsni pomoćni radovi koji veoma često presudno utiču na efektivnost rada osnovne opreme kao i održavanje iste u punoj tehničkoj ispravnosti. Veliki troškovi nabavke i eksploatacije pomoćne mehanizacije vrlo brzo kompenzuju visokim stepenom korišćenja osnovne mehanizacije. Zadovoljavajuće vremensko i kapacitetno iskorišćenje tehnoloških kompleksa na površinskim kopovima moguće je samo pod predpostavkom da se obezbede optimalni uslovi za njihov rad. Svakako, jedan od najvažnijih preduslova je blagovremeno i kvalitetno izvršavanje svih pomoćnih radova, što, naravno, pretpostavlja potrebu da površinski kop raspolaže odgovarajućom pomoćnom mehanizacijom kako po vrsti tako i po broju i tehničkim karakteristikama.

Dozeri su najbrojnije i po vrsti i obimu pomoćnih radova koji se njima mogu uspešno obavljati, najzastupljenije pomoćne mašine na površinskim kopovima uglja. Izbor potrebnog broja dozera utvrđuje se tako što se na osnovu planiranog obima radova proračunava potrebno

godišnje angažovanje tako što se utvrđuje potreba za angažovanjem kao i kapacitet mašina na tim radovima, a na kraju se utvrđuje moguće godišnje angažovanje i koeficijent raspoloživosti mašina kako bi se dobio potreban broj mašina u svakodnevnom radu i potreban broj na stanju. Koeficijent raspoloživosti zavisi od brojnih uticajnih činilaca, od kojih posebno treba istaći sledeće:

- kvalitet mašina,
- starostna stuktura,
- način održavanja,
- obučenost radnika na održavanju,
- opremljenost radionica potrebnom opremom,
- snabdevenost rezervnim delovima,
- mogućnost brze nabavke rezervnih delova,
- uslovi radne sredine u kojoj radi mašina,
- dnevno angažovanje mašine (24, 12, 8 ili manje časova),
- obučenost rukovalaca mašine,
- kvalitet dnevnih pregleda,
- mogućnost brzog transporta od kopa do radionica,
- kvalitet maziva i goriva,
- klimatske prilike, itd.

2. Trenutno stanje, analiza rada i zastoja dozera na površinskim kopovima EPS

Tokom višedecenijske eksploatacije lignita na površinskim kopovima kolubarskog i kostolačkog basena, dozeri su imali nezamenljivu i značajnu ulogu pri definisanju optimalnih uslova za ostvarivanje zacrtanih bilansa proizvodnje. Relativno široka gama različitih svetskih brendova prodefilovala je preko površinskih kopova Elektroprivrede Srbije. Danas površinski kopovi raspolažu sa nekoliko brendova i njihovih različitih tipova. U Tabeli 2.1 dat je trenutni broj dozera u kolubarskom i kostolačkom basenu.

Osnovne uporedne karakteristike dozera su bazirane na snazi agregata i vučnoj sili, koja zavisi od mase dozera i koeficijenta athezije. Na Slici 2.1 dat je pregled zastupljenosti tipova dozera na površinskim kopovima Elektroprivrede Srbije.

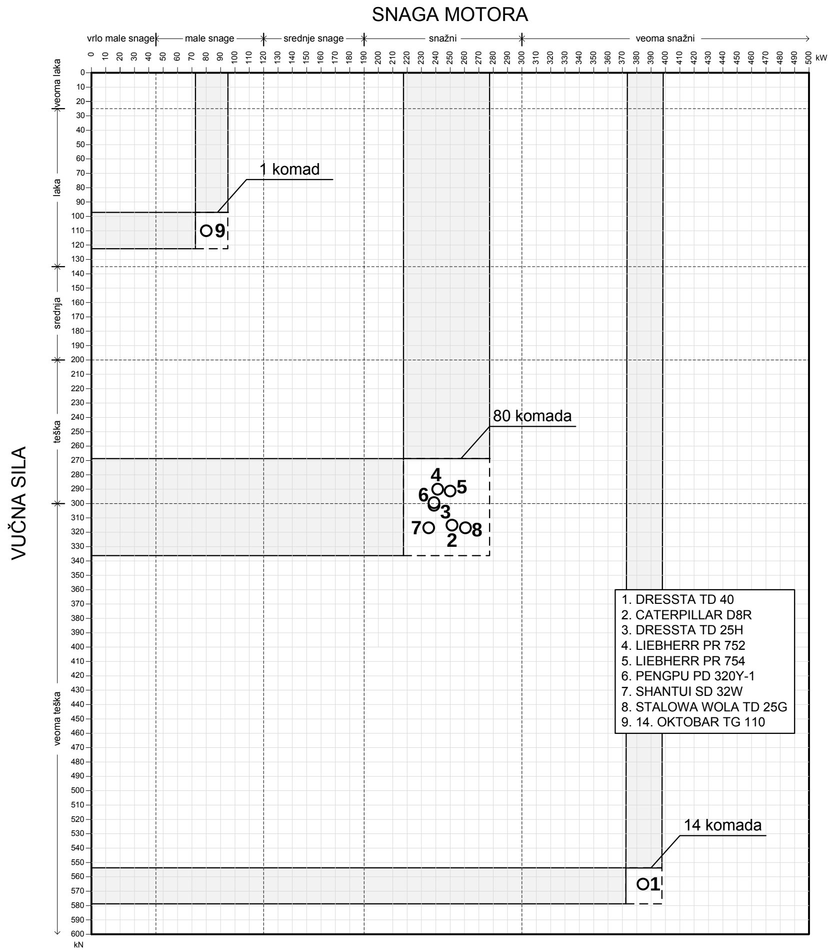
U Tabeli 2.2 date su osnovne karakteristike dozera pomoćne mehanizacije EPS u okviru sadašnjeg stanja.

Tabela 2.1. Trenutni broj dozera u kolubarskom i kostolačkom basenu

RB Kolubara				**TE-KO Kostolac**			
Br.	Tip	Proizvođač	Komada	Br.	Tip	Proizvođač	Komada
1.	D 8 R	Caterpillar	15	1.	TD 25 G	Stalowa Wola	1
2.	PR-752	Liebherr	1	2.	TD 25 H	Dressta	3
3.	PR-754	Liebherr	2	3.	D 8 R	Caterpillar	1
4.	PD 320Y-1	Pengpui	1	4.	PD 320Y-1	Pengpui	4
5.	SD32 5	Shantui	2	5.	TD 25 M	Dressta	2
6.	SD32W	Shantui	5	6.	TD 25 M extra	Dressta	14
7.	TD 25 H	Dressta	6	7.	TD 40 C	Dressta	2
8.	TD 25 M Extra	Dressta	13	8.	TD 40 E	Dressta	3
9.	TD 25 E	Dressta	2	9.	TD 40 E extra	Dressta	1
10.	TD 25 G	Stalowa Wola	8				
11.	TD 40 B	Dressta	1				
12.	TD 40 C	Dressta	2				
13.	TD 40 E	Dressta	1				
14.	TD 40 E Extra	Dressta	4				
15.	TG 110	14. oktobar	1				
		Ukupno	64			Ukupno:	31

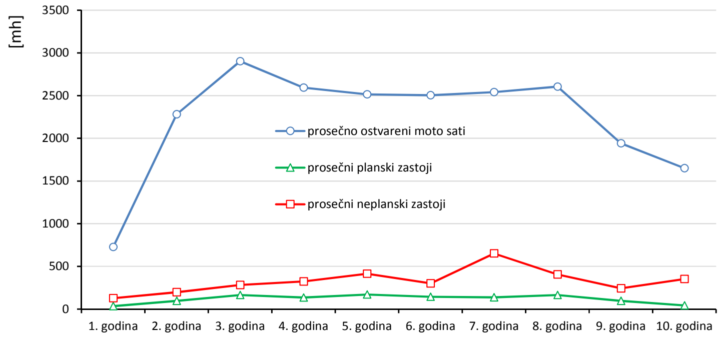
Tabela 2.2. Osnovne radne karakteristike teške pomoćne mehanizacije EPS u okviru sadašnjeg stanja

Mašina	**Prosečno vreme rada (mh)**		**Prosečna starost (god.)**		**Godišnje vreme rada (mh)**	
	Kolubara	Kostolac	Kolubara	Kostolac	Kolubara	Kostolac
Dozeri	25.949	14.330	10,9	9,5	3.184	1.823

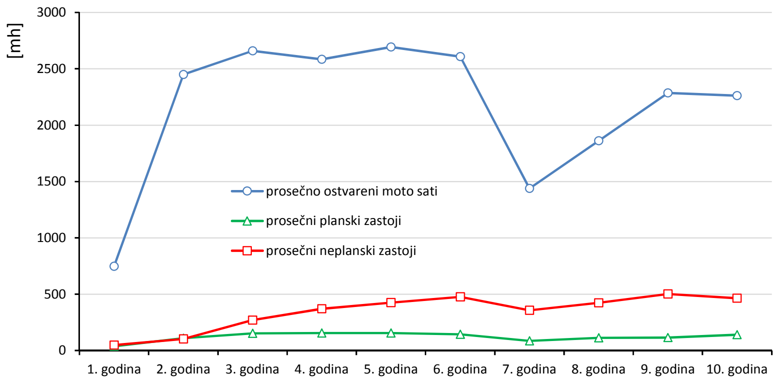


Slika 2.1. Pregled dozera na površinskim kopovima Elektroprivrede Srbije

Na osnovu podataka o radu i zastoju dozera u kolubarskom basenu, za period prvih deset godina korišćenja (zbog ujednačenosti podataka koji definišu ispravnost poređenja), dobijeni su ostvareni moto sati, planirani i neplanirani zastoji. Na Slikama 2.2 i 2.3, dati su dijagrami prosečno ostvarenih moto sati i zastoja veoma snažnih dozera (dozeri klase TD40) i snažnih dozera (dozeri klase D8R, PR752, PR754, SD32W, PD320Y-1 i kompletna gama dozera TD25), na godišnjem nivou za prvih 10 godina korišćenja.



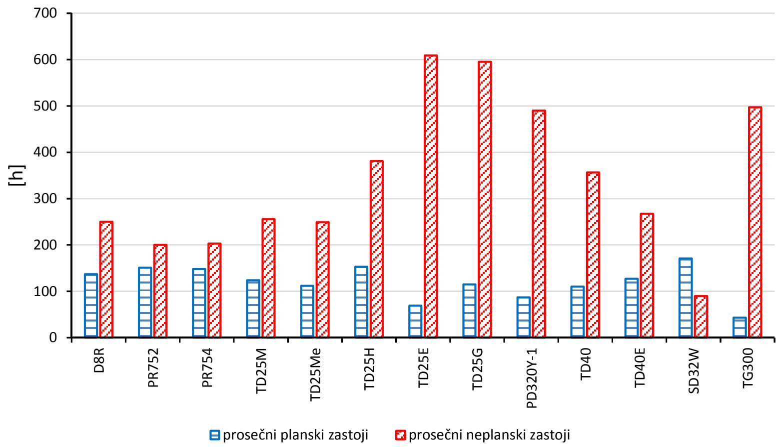
Slika 2.3. Prosečno ostvareni moto sati zastoji veoma snažnih dozera na godišnjem nivou za prvih 10 godina korišćenja



Slika 2.3. Prosečno ostvareni moto sati zastoji snažnih dozera na godišnjem nivou za prvih 10 godina korišćenja

Funkcija raspoloživosti pored toga što neposredno opisuje odgovarajuća svojstva tehničkog sistema (u ovom slučaju dozera), takođe predstavlja i karakteristiku sistema održavanja istog. Naime, raspoloživost zbirno pokazuje uticaj održavanja na efektivnost tehničkog sistema dozera, odnosno, raspoloživost povezuje osobine sistema dozera u pogledu pouzdanosti i održavanja.

Saglasno tome, dalja analiza je definisala odnos planskih i neplanskih zastoja svih tipova dozera. Na Slici 2.4 dat je dijagram prosečnih planskih i neplanskih zastoja (servisa i opravki) za period prvih 10 godina korišćenja po svim tipovima dozera, na godišnjem nivou.



Slika 3.3. Prosečni planski i neplanski zastoji svih dozera na godišnjem nivou za prvih 10 godina korišćenja

Neplanski zastoji koji su vremenski najviše opterećivali sve dozere su zastoji na hodnom stroju odnosno transportnom uređaju dozera. U Tabeli 2.3 data su procentualna učešća različitih tipova zastoja na veoma snažnim dozerima i snažnim dozerima.

Tabela 2.3. Tipovi zastoja na dozerima koji rade na površinskim kopovima RB Kolubara (%)

Dozeri	**Transport**	**Motor**	**Menjač**	**Turbine**	**Diferencijal**	**Bočni reduktor**	**Hidraulika**	**Elektro instalacija**	**Radni element**	**Kabina**	**Hladnjak**	**Transmisija**	**Kočioni sistem**
Veoma snažni	45,4	14,4	6,7	2,3	1,6	2,0	8,6	13,5	2,2	0,7	0,4	2,2	0,0
Snažni	38,4	13,0	15,0	3,7	3,0	3,8	6,0	10,2	3,7	1,2	0,4	1,6	0,1

3. Definisanje trenda tehničke raspoloživosti dozera na površinskim kopovima EPS

Analiza životnog veka dozera, nameće pitanje kojim pojmom na najpotpuniji način mogu da se izraze određene osobine ovog tehničkog sistema u pogledu izvršavanja njegovog zadatka, odnosno postavljene funkcije cilja. U tom smislu definisani su pojmovi: pouzdanost (engl. *Reliability*), pogodnost održavanja (engl. *Maintainability*), efektivnost (engl. *Efficiency*), podrška održavanju (engl. *Maintenance support*),

raspoloživost (engl. *Availability*), sigurnost funkcionisanja (eng. *Dependability*), i dr., a koji predstavljaju ponašanje tehničkog sistema tokom određenog vremena u toku njegovog životnog veka.

Funkcija efektivnosti predstavlja sintezni pokazatelj, koji se izražava kao verovatnoća da će posmatrani sistem uspešno stupiti u dejstvo u trenutku potrebe i da će uspešno izvršiti zadatu funkciju kriterijuma u projektovanom vremenu i pod datim uslovima okoline. Treba napomenuti da je rad dozera u vremenu izložen brojnim slučajnim uticajima, tj. pojave otkaza kao i svih drugih događaja u životu tehničkog sistema i da imaju stohastički karakter. Definicija funkcije efektivnosti $E(t, \tau)$ se može analitički izraziti u obliku:

$$E(t,\tau) = R(t)A(\tau)FP,$$

gde je:

R(t) - Pouzdanost odnosno verovatnoća rada bez otkaza u toku vremena t,

A(τ) -Raspoloživost ili gotovost, odnosno verovatnoća da će sistem u bilo kom trenutku (kalendarskog) vremena τ biti raspoloživ, odnosno da će biti u stanju da radi ili da se uključi u rad,

FP - Funkcionalna pogodnost, odnosno stepen zadovoljenja funkcionalnih zahteva, a to znači prilagođenost okolini ili tačnije uslovima u kojima sistem radi.

Za ovaj rad iskorišćen je pojam pogonske, tehničke raspoloživosti, odnosno pojam Koeficijent tehničkog iskorišćenja dozera. Koeficijent tehničkog iskorišćenja je u suštini jedna varijanta gotovosti. Koeficijent tehničkog iskorišćenja definiše se kao:

$$k_T = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} t_{ri}}{\sum_{i=1}^{i=n} t_{ri} + \sum_{i=1}^{i=n} t_{oi} + \sum_{i=1}^{i=m} \theta_i},$$

gde je:

k_T - koeficijent tehničkog iskorišćenja;

t_r - vreme u radu (rad dozera na godišnjem nivou),

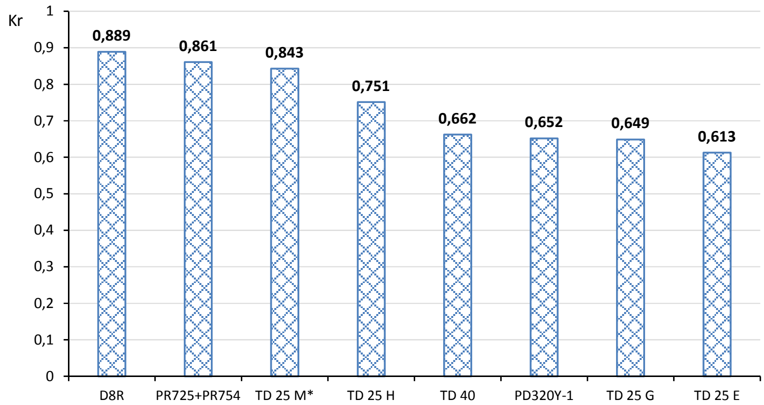
t_o - vreme u otkazu (neplanirani zastoji na godišnjem nivou-opravke),

θ - vreme planiranog zastoja zbog održavanja (preventivno održavanje-servisi).

Raspoloživost, kao i gotovost, predstavlja verovatnoću da će sistem u bilo kom trenutku biti u stanju da se odazove na poziv da izvrši svoju zadatu funkciju cilja. Jedina razlika između raspoloživosti i gotovosti ogleda se u tome što funkcija raspoloživosti podrazumeva i mogućnost da je sistem u skladištu. Kako pouzdanost i gotovost tako i raspoloživost

određuju događaji koji su po prirodi pojave stohastički. U ovom slučaju, raspoloživost je u direktnoj korelaciji sa obimom iskorišćenja dozera, gledano sa tehničkog aspekta. Raspoloživost dozera nužno ne podrazumeva da je u radu ili da je u stanju da radi.

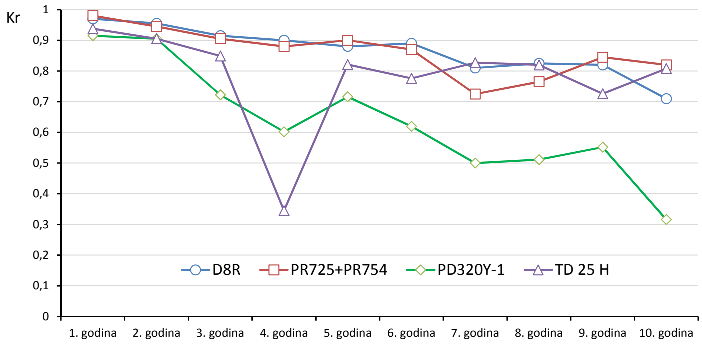
Na osnovu svih relevantnih podataka i korišćenjem metode najmanjih kvadrata, dobijeni su precizni pokazatelji o koeficijentu tehničke raspoloživosti svih tipova i klasa dozera u Kolubarskom ugljenom basenu. Potrebno je istaći da je metoda najmanjih kvadrata jedna od najvažnijih metoda za obradu eksperimentalnih podataka. Radi se o metodi s elementima numeričke matematike i statistike. Osnovni problem koji rešava ova metoda je kako iz eksperimentalnih podataka dobiti funkcionalnu zavisnost. Na Slici 3.1 dat je dijagram koeficijenta tehničke raspoloživosti.



Slika 3.1. Koeficijent tehničke raspoloživosti svih dozera za prvih 10 godina eksploatacije

Potrebno je istaći da dozeri TD 25 M rade šest, sedam godina pa se njihov koeficijent tehničke raspoloživosti mora uzeti sa određenom dozom rezerve (do desete godine eksploatacije će im verovatno padati koeficijent raspoloživosti). Pored toga, dozeri SD32W i SD32-5 odnedavno rade (manje od tri godine), pa njihovi podaci ne bi bili relevantni za ovakvu vrstu analize.

Na Slici 3.2 dat je trend pada tehničke raspoloživosti određenih grupa dozera na površinskim kopovima RB Kolubara (Caterpillar D8R, Liebherr PR752 i PR754, Shanghai PD320Y-1 i Dressta TD25H).



Slika 3.2. Koeficijent trenda pada tehničke raspoloživosti određenih grupa dozera za prvih 10 godina eksploatacije

4. Zaključak

Raspoloživost, kao i gotovost, predstavlja verovatnoću da će sistem u bilo kom trenutku biti u stanju da se odazove na poziv da izvrši svoju zadatu funkciju cilja. Ovo je veoma značajan podatak i od izuzetne važnosti je poznavati njegov trend kako bi se na osnovu analize dodadašnjeg rada izabrao dozer koji se najbolje pokazao u konkretnim uslovima radne sredine naših površinskih kopova lignita i odredilo optimalno vreme zamene kako bi se na vreme izvršila njihova zamena novim i smanjili troškovi eksplaotacije.

Po svim ostvarenim parametrima i pogonskim iskustvima dozeri CAT D8R su se pokazali kao najbolje mašine za konkretne uslove rada naših površinskih kopova lignita.

Priznanje
Ovaj članak je doprinos projektu TR033039 koji je finansiran od strane Ministarstva za nauku Republike Srbije.

Literatura

1. Ignjatović, D.: Izbor pomoćne mehanizacije za površinske kopove lignita, Zadužbina Andrejević, Beograd 2001
2. Projekat TR033039: Unapređenje tehnologije površinske eksploatacije lignita u cilju povećanja energetske efikasnosti, sigurnosti i zaštite na radu, RGF 2017
3. Pogonska dokumentacija pomoćne mehanizacije RB Kolubara i TE-KO Kostolac

PROGRAM OSTVARIVANJA STRATEGIJE RAZVOJA ENERGETIKE REPUBLIKE SRBIJE ZA PERIOD DO 2025 - OBLAST UGLJA

IMPLEMENTATION PROGRAM OF THE ENERGY SECTOR DEVELOPMENT STRATEGY OF THE REPUBLIC OF SERBIA FOR THE PERIOD UNTIL 2025 - COAL SECTOR

Ignjatović D.[1], Pavlović V.[2]

Apstrakt

U radu je dat kratak prikaz Programa ostvaraivanja strategije energetike republike Srbije do 2025 godine za oblast uglja. Prikazani su strateški ciljevi, lista mera u oblasti uglja, zaštita žvotne sredine i određivanje prioriteta projekata kao i status uglja u njima. Na kraju prikazani su indikatori za praćenje realizacije

Ključne reči: strategija energetike, program ostvarivanja stretegije, ugalj

Abstract

This paper provides short overview of Implementation Program Of The Energy Sector Development Strategy Of The Republic Of Serbia For The Period Until 2025 for the coal sector. This includes the list of measures in coal sector, environmental protection, determination of project priorities together with status of coal withihn those. Finally, indicators for implementation monitoring are provided.

[1] Prof. Dr Ignjatović Dragan,Univerzitet u Beogradu,Rudarsko-geološki fakultete
[2] Prof. Dr Vladimir Pavlovć, Centar za površinsku eksploataciju, Beograd

Key words: energy strategy, implementation program, coal

1. Uvod

Na osnovu Zakona o energetici, energetska politika Republike Srbije se utvrđuje Strategijom razvoja energetike Republike Srbije do 2025. sa projekcijama do 2030. godine, a uslovi, način, dinamika i mere za ostvarivanje Strategije energetike se utvrđuju Programom ostvarivanja Strategije (POS) [1]. Godišnje potrebe za energijom, odnosno energentima, koje je neophodno obezbediti radi pouzdanog, sigurnog i kvalitetnog snabdevanja krajnjih kupaca, izvori obezbeđivanja potrebnih količina energije, odnosno energenata, kao i potreban nivo zaliha i rezervnih kapaciteta energetskih objekata za sigurno snabdevanje kupaca energijom i energentima utvrđuju se Energetskim bilansom Republike Srbije (RS).

Strategijom energetike (usvojenom 04.12.2015. godine) definisani su strateški prioriteti razvoja energetike RS za navedeni period. To su:

1. ***Obezbeđenje energetske sigurnosti***, (kroz: Pouzdano, sigurno, efikasno i kvalitetno snabdevanje energijom i energentima, Uspostavljanje uslova za pouzdan i bezbedan rad svih sistema u okviru energetskog sektora i za njihov održivi razvoj)
2. ***Razvoj tržišta energije***, (kroz: Obezbeđenje konkurentnosti na tržištu energije na načelima nediskriminacije, javnosti i transparentnosti; Zaštitu kupaca energije i energenata; Razvoj tržišta električne energije i prirodnog gasa i njihovo povezivanje sa jedinstvenim tržištem energije EU; Intenzivnije povezivanje energetskog sistema Republike Srbije sa energetskim sistemima drugih država, naročito onih iz neposrednog okruženja.
3. ***Tranzicija ka održivoj energetici***, (kroz: Obezbeđivanje uslova za unapređenje energetske efikasnosti u obavljanju energetskih delatnosti i potrošnji energije; Stvaranje ekonomskih, privrednih i finansijskih uslova za povećavanje udela energije iz obnovljivih izvora energije, kao i za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije; Stvaranje institucionalnih, finansijskih i tehničkih pretpostavki za korišćenje novih izvora energije (energije vetra, sunca, biomase, biogasa i sl.); Unapređenje stanja i sistema zaštite životne sredine u svim oblastima energetskih delatnosti; Uspostavljanje povoljnijih zakonskih, institucionalnih i logističkih uslova za dinamičnije investiranje u energetiku.

Programom ostvarivanja strategije [1], obuhvaćene su sledeće celine:

1. Način definisanja strateških energetskih projekata i neophodne aktivnosti u vezi sa donošenjem odluke o tome da je neki projekat strateški i osnovne obaveze Vlade Republike Srbije, njenih ministarstava i Agencije za energetiku Republike Srbije u vezi sa strateškim energetskim projektima;
2. Pregled merljivih ciljeva i indikatora njihovog ostvarenja koje je potrebno ostvariti kroz Program ostvarenja strategije i listu mera, aktivnosti i projekata po oblastima u okviru POS za ostvarenje postavljenih ciljeva, uzimajući u obzir i zaštitu životne sredine i energetsku efikasnost za svaku od navedenih oblasti:
    - Oblast električne energije
    - Oblast toplotne energije
    - Oblast obnovljivih izvora energije
    - Oblast nafte
    - Oblast prirodnog gasa
    - Oblast uglja
    - Oblast energetske efikasnosti u sektoru potrošnje energije
3. Određivanje prioriteta projekata, koje je izvršeno koristeći posebnu Metodologiju za selekciju i prioritizaciju infrastrukturnih projekata koju je usvojila Vlada Republike Srbije. Na osnovu valorizovane strateške relevantnosti svakog od projekata, formiran je predlog dopune Jedinstvene liste prioritetnih infrastrukturnih projekata u oblasti energetike - dokumenta koji je uvojila Vlada Republike Srbije i čija se revizija očekuje u 2018. godini. Nakon izvršene analize, ***procenjeno je da su neki strateški ciljevi potcenjeni u sistemu ocenjivanja definisanog kriterijumima za procenu strateške relevantnosti projekata***, koji su korišćeni za formiranje Jedinstvene liste prioritetnih infrastrukturnih projekata u oblasti energetike. U tom smislu ***redefinisan je sistem ocena i parametara za ocenjivanje, kao i težinskih faktora pojedinih ocena*** da bi se adekvatno sagledao uticaj projekata na realizaciju ciljeva definisanih Strategijom energetike i formirana je posebna rang lista projekata definisanih u okviru POS koja bolje pokazuje njihov valorizovani uticaj na ostvarenje ciljeva.

2. Strateški ciljevi u oblasti uglja u okviru POS

Strategijom energetike u oblasti uglja definisani su sledeći strateški ciljevi:

- Sigurno i pouzdano snabdevanje elektroenergetskih termo kapaciteta i

- Obezbeđivanje potrebnih količina uglja za finalnu potrošnju i za proizvodnju toplotne energije;

3. Lista mera u oblasti uglja

Strateški pravci delovanja zacrtani u strategiji energetike su:

- Intenziviranje istraživanja ležišta uglja na celoj teritoriji Republike Srbije;
- Otvaranje zamenskih kapaciteta za postojeće površinske kopove koji prestaju sa radom i otvaranje kopova koji će biti namenjeni za nove termoenergetske kapacitete;
- Optimizacija i koncentracija proizvodnje uglja iz podzemne eksploatacije;
- Uvođenje sistema za upravljanje kvalitetom uglja.

3.1. *Intenziviranje istraživanja ležišta uglja na celoj teritoriji Republike Srbije*

Srbija raspolaže respektibilnim količinama uglja koji u narednom periodu može biti pouzdan oslonac za proizvodnju električne energije. U cilju boljeg sagledavanja i iskorišćenja ležišta planirani su obimni geološki radovi i godine sa procenjenom investicijom od oko 12,6 miliona € do 2023. godine.

Ukupne eksploatabilne rezerve u Kolubarskom ugljenom basenu na kraju 2015. godine iznose 2.105.224.800 t uglja, dok su ukupne vanbilansne rezerve 2.645.574.081 t uglja.

Ukupne geološke rezerve kostolačkog basena iznose1.643.802.637 t pri čemu su bilansne B+C1 kategorije 881.702.050 t, vanbilansne B+C_1 kategorije 522.298.897 t i potencijalne rezerve C_2 kategorije 239.801.690 t uglja.

U Kovinskom basenu uglja (branjeni i nebranjeni deo) overene su rezerve na nivou 271 miliona tona uglja (5 miliona tona nebranjeni deo i 266 miliona tona i branjenom delu).

U Sjeničkom ugljonosnom basenu eksploatacione rezerve iznose oko 117 miliona tona uglja sa prosečnim kvalitetom od oko 15.000 kJ/kg i sadržajem sumpora od 0,98%.

U JP za podzemnu eksploataciju uglja (JP PEU) (uključujući Sjenički basen) stanje rezervi uglja na dan 31.12.2015. godine iznose oko 600.000.000 t uglja, pri čemu najveći udeo imaju mrkolignitski (330.864.180 t) i lignitski ugljevi (178.995.000 t), dok su mrki (79.761.340 t) i kameni ugljevi (5.766.350 t) manje zastupljeni.

3.2. *Otvaranje zamenskih kapaciteta za postojeće površinske kopove koji prestaju sa radom i otvaranje kopova koji će biti namenjeni za nove termoenergetske kapacitete*

Proširenja kapaciteta postojećih kopova i otvaranje novih kopova zamenskih kapaciteta za postojeće površinske kopove koji prestaju sa radom, kao i otvaranje kopova koji će biti namenjeni za nove termoenergetske kapacitete, su razmatrani za Kostolački, Kolubarski, Kovinski i Sjenički ugljeni basen.

Celokupan projekat doprinosi sigurnom i pouzdanom snabdevanju ugljem novih i postojećih elektroenergetskih termo kapaciteta. Sastoji se od više potprojekata pri čemu će se u periodu realizacije POS realizovati povećanje godišnjeg kapaciteta kopa Drmno u Kostolačkom basenu sa postojećih 9 na 12 miliona tona uglja zbog izgradnje novog bloka TE Kostolac B3 snage 350 MW, a u Kolubarskom basenu, povećanje kapaciteta kopa Polje C u funkciji otvaranja kopa Polje E, otvaranje kopa Polje E kao zamenskog kapaciteta površinskom kopu Polje C i Polje D, otvaranje površinskog kopa Polje G, kao zamenskog kapaciteta površinskom kopu Veliki Crljeni i otvaranje kopa Radljevo u funkciji ujednačavanje kvaliteta uglja, a u kasnijoj fazi kao zamenski kapacitet površinskog kopa Tamnava Zapadno Polje. Ukupne planirane investicije u periodu 2017-2023. godina za ovaj projekat iznose 1.125 miliona €.

U okviru Kovinskog basena razmatra se mogućnost otvaranja novog kopa sa podvodnom eksploatacijom za snabdevanje nove termoelektrane instalisanog kapaciteta 700 MW.

U okviru Sjeničkog basena razmatra se mogućnost izgradnje bloka od 320 MW za šta je potrebno snabdevanje sa ugljem iz rudnika sa podzemnom eksploatacijom Štavalj u količini od 2,3 miliona tona uglja godišnje.

3.3. *Optimizacija i koncentracija proizvodnje uglja iz podzemne eksploatacije*

JP PEU Resavica je jedinstveno preduzeće, sa statusom i pravnom formom javnog preduzeća, u 100% vlasništvu Republike Srbije, čija je primarna delatnost eksploatacija uglja. Trenutna godišnja proizvodnja se kreće oko 550.000 t, a planirana proizvodnja za 2017. godinu iznosi oko 580.000 t.

Delatnosti se obavljaju u devet delova Preduzeća sa prikazanom planiranom godišnjom proizvodnjom u tonama:

- Rudnik antracita Vrška Čuka, Avramica …….……... 5.000

- Ibarski rudnici kamenog uglja, Baljevac ………… 125.000
- Rudnik mrkog uglja Rembas, Resavica …………. 175.000
- Rudnik mrkog uglja Bogovina, Bogovina ……..… 15.000
- Rudnik mrkog uglja Soko, Soko banja ………..…. 90.000
- Rudnik mrkog uglja Jasenovac, Krepoljin ……..… 42.000
- Rudnik lignita Lubnica, Lubnica ……………..…... 45.000
- Rudnik lignita Štavalj, Štavalj …………………..... 85.000
- Aleksinački rudnici, koji izvode rudarske investicione radove u ostalim rudnicima

Pored eksploatacije uglja kao primarne delatnosti, podzemnim putem, odvija se i površinska eksploatacija uglja na površinskom kopu Progorelica i eksplotacija bornih minerala u jami Pobrđski potok.

Za Javno preduzeće za podzemnu eksploataciju uglja Resavica trenutno je u izradi Program reorganizacije čija će realizacija započeti odmah nakon usaglašavanja i usvajanja od strane Vlade Republike Srbije. Ovim Programom će se bliže definisati rudnici za zatvaranje zbog rezervi koje su najvećim delom na kraju eksploatacije i zbog ekonomskih pokazatelja koji ne pokazuju trend rasta prihoda. Takođe će se definisati i rudnici koji imaju sirovinski potencijal, kao i mogućnost da uz investicije ostvare trend rasta prihoda.

Planirano je da se, nakon optimizacije i koncentracije proizvodnje, ukupna proizvodnja poveća na 600.000 - 700.000 t. Preduslov su realizacija investicija u rudnik Soko (ulaganja u opremu i novu tehnologiju), čime će se stvoriti preduslovi za povećanje kapaciteta u ovom rudniku.

Povećanje kapaciteta u rudniku Štavalj uslovljeno je izgradnjom termoenergetskog kapaciteta zbog nemogućnosti plasmana uglja.

Veće povećanje kapaciteta ostvarivo je tek sa eventualnim ekonomski opravdanim aktiviranjem rudnika Ćirikovac i Poljana. Svakako da postoji mogućnost otvaranja novih ležišta uglja, uz predhodno urađenu investicionu dokumentaciju koja će uzeti u obzir sve neophodne parametre na bazi kojih se može zaključiti da li postoji ekonomska opravdanost otvaranja istih.

3.4. *Uvođenje sistema za upravljanje kvalitetom uglja*

Zbog velikih varijacija u kvalitetu isporučenog uglja veoma često dolazi do ozbiljnih problema u termoelektranama. Problemi se, pre svega, ogledaju u sledećem:

- Izlazna snaga u termoelektranama pada ispod nominalnog nivoa zbog lošeg kvaliteta uglja;

- Ugalj niske toplotne vrednosti dovodi do niske efikasnosti kotlova i korišćenja veće količine uglja po proizvedenom MWh;
- Niska toplotna vrednost uglja može izazvati probleme sa održavanjem pritiska toplotne energije i pare kotlova što zahteva korišćenje (skupog) mazuta;
- Niska toplotna vrednost uglja zahteva veće korišćenje mlinova da bi se obezbedio povećani unos uglja u kotao što dovodi do povećanog korišćenja električne energije.

Pored prednosti na strani sagorevanja u termoelektranama, homogenizacija uglja omogućava i eksploataciju niskokvalitetnih ugljeva (koji se mešaju na površinskom kopu ili deponiji sa ugljem boljeg kvaliteta), čime se povećava iskorišćenje ležišta. Pored toga homogenizacija uglja ima i znatnih prednosti u sferi zaštite životne sredine (pre svega, eliminiše se samoupala odloženog uglja na odlagalištima, ali i obezbeđuje optimalno iskorišćenje neobnovljivih resursa uglja).

Problemi kvaliteta uglja su glavni uzrok parcijalnih ispada, što smanjuje produktivnost termoelektrana za 5%, što znači 180 MW nižu snagu u proizvodnji. Godišnje je u termoelektranama izgubljeno 1.200 GWh na parcijalne ispade izazvane neadekvatnim kvalitetom uglja. Uvođenjem homogenizacije (upravljanjem kvalitetom uglja) eliminisaće se oko 30% ukupnih gubitaka, odnosno njihovo smanjenje od 370 GWh koje donosi uštedu od oko 9.000.000 € godišnje.

Uvođenje sistema za upravljanje kvalitetom uglja će se obaviti na tri lokacije i shodno tome definisana su tri potprojekta:

- Uvođenje sistema za upravljanje kvaliteta uglja u zapadnom delu Kolubarskog basena (površinski kopovi Tamnava Zapadno Polje i Polje G, a kasnije i kop Radljevo)
- Uvođenje sistema za upravljanje kvaliteta uglja u istočnom delu Kolubarskog basena (najpre kopovi Polje C i D, a kasnije i Polje E)
- Uvođenje sistema za upravljanje kvalitetom uglja na površinskom kopu Drmno - Kostolac

Ova tri potprojekta se nalaze na različitim nivoima obrade:

- ***Uvođenje sistema za upravljanje kvalitetom uglja u zapadnom delu kolubarskog basena*** Kompletna investiciona dokumentacija je završena, raspisan je tender, izabran je izvođač i trenutno je faza izrade baznog i detaljnog inžinjeringa. Kompletan završetak projekta se očekuje krajem 2017. godine. Vrednost investicije je

54,4 milona €, a finansira se iz sredstava KfW banke, donacija banke i sopstvenih sredstava EPS.

- ***Uvođenje sistema za upravljanje kvalitetom uglja u istočnom delu Kolubarskog basena*** Trenutno je u toku izrada tehničke i tenderske dokumentacije. Završetak pripreme dokumentacije se očekuje tokom 2017. godine. Očekivani rok realizacije zavisiće od predloženih rešenja u dokumentaciji, ali će verovatno biti fazno uvođenje sa korišćenjem postojećih kapaciteta u Kolubara preradi do njenog zatvaranja, a kasnije sa izgradnjom nove deponije i drobiličnog postrojenja na prostoru sadašnjeg sela Vreoci koje će biti iseljeno. Planirana sredstva su oko 90.000.000 €, a izvor finasiranja sopstvena sredstva EPS.
- ***Uvođenje sistema za upravljanje kvalitetom uglja na kopu Drmno - Kostolac***
  Tehnička i tenderska dokumentacija su završene, očekuje se raspisivanje tendera tokom 2017. godine. Očekivani rok završetka je 2018. godina. Planirana sredstva su 5.225.230 €, a izvor finasiranja su sopstvena sredstva EPS.

3.5. *Uvođenje nove organizacije na površinskim kopovima EPS u cilju unapređenja rada i povećanja efikasnosti površinskih kopova u EPS*

EPS je sa konsultantskom kućom Boston Consulting Group definisao set neophodnih mera kako bi proizvodnja uglja bila efikasna i profitabilna, a cena proizvedene energije konkuretna na svetskom tržištu i kako bi se smanjili troškovi poslovanja, a sve u cilju sigurnog snabdevanja termoelektrana ugljem odgovarajućeg kvaliteta. Osnovni definisani ciljevi su:

- Poboljšanje bezbednosti i zaštite na radu zaposlenih;
- Podizanje iskorišćenja rudarske mehanizacije na nivo rudnika uglja u centralnoj Evropi;
- Povećanje nivoa automatizacije na proizvodnim sistemima u cilju bezbednijeg rada i smanjenje broja zaposlenih;
- Sprovođenje homogenizacije i upravljanje kvalitetom uglja na svim površinskim kopovima;
- Poboljšanje planiranja i realizacije eksproprijacije;
- Racionalizacija korišćenja raspoloživog radnog vremena (pauza, rad praznikom i nedeljom);
- Unapređenje sistema održavanja;

- Racionalizacija radnih mesta zaposlenih prekvalifikacijom sa nepotrebnih poslova posle modernizacija (kao na primer rukovaoci pogonskih stanica) na deficitarne poslove u proizvodnji.

Definisani su prioriteti, a očekivani profit u četvorogodišnjem periodu je oko 235.000.000 €. Time će se obezbediti i sigurna sredstva za nove investicije i otvaranje zamenskih kapaciteta.

4. Podoblast zaštite životne sredine u oblasti uglja

U oblasti uglja u toku je realizacija projekta instalacije novog BTO sistema u RB Kolubara u okviru projekta Improve mining technology in MB Kolubara to increase thermo power plants efficiency and to reduce its environmental impact, koji kreditiraju EBRD i KfW banka u iznosu od 140 miliona €. Ovaj projekat ima je za cilj obezbeđenje pouzdane i kontinuirane isporuke uglja, racionalnog upravljanja prirodnim resursima, uz prateće smanjenje zagađenja ambijentalnog vazduha u okruženju elektrana koje koriste ugalj iz RB Kolubara. Projekat ima tehnološki značaj sa aspekta smanjenja uticaja štetnih materija na životnu sredinu i socijalni značaj. Iz tog razloga primenjene su najasvremenije mere zaštite životne sredine, kako bi se minimizirali uticaji opreme na postojeće stanje životne sredine. Posebna pažnja bila je usmerena na tačkaste i linijske izvore buke i prašine u cilju eliminisanja njenih štetnih uticaja na životnu sredinu i okolno stanovništvo.

Isti sistem će biti instaliran i na novom (VI BTO) sistemu na površinskom kopu Drmno. Ubuduće će se na svim novim sistemima primenjivati ovaj sistem zaštite životne sredine.

Za sve površinske kopove urađeni su projekti rekultivacije degradiranih površina, a ista će otpočeti kada se za to stvore uslovi na unutrašnjim odlagalištima (Napomena: Saglasno Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima sastavni deo Glavnog rudarskog projekta i Dopunskog rudarskog projekta su tehnički projekti rekultivacije koji se realizuju kada se za to stvore uslovi na samom kopu.)

Na svim površinskim kopovima vrši se monitoring kvaliteta površinskih voda koja se u procesu odvodnjavanja ispuštaju u najbliže recepijente. Pored toga vrši se i kontrola kvaliteta podzemnih voda u bunarima.

5. Određivanje prioriteta projekata i status uglja na njima

U cilju usklađenog prikupljanja informacija o strateškim infrastrukturnim projektima u oblasti energetike i usklađenog tretiranja pojedinačnih

projekata, te optimalnog načina pronalaženja investitora za pojedinačne projekte, Vlada Republike Srbije je formirala Jedinstvenu listu prioritetnih infrastrukturnih projekata u oblasti energetike. Za potrebe izbora projekata koji značajno doprinose ostvarenju strateških ciljeva, prioritizacije tih projekata, kao i ocene spremnosti (zrelosti) projekta za realizaciju, Vlada Republike Srbije je formirala posebnu Metodologiju za selekciju i prioritizaciju infrastrukturnih projekata i Vodič za njenu primenu. Ova metodologija je primenjena za ocenu projekata koji su predmet POS. Prezentirana je rang lista projekata razmatranih u okviru POS u skladu sa ocenama iz, pri čemu je za svaki projekat dat sledeći skup informacija: odgovorni subjekat, kratak opis projekta, kratak pregled strateških prioriteta Strategije energetike kojima projekat doprinosi, pripremljenost planske i tehničke dokumentacije za realizaciju, informacija o tome da li su obezbeđeni izvori za finansiranje projekta, pregled osnovnih rizika po realizaciju projekta, vrednost projekta i period realizacije tokom realizacije POS.

Projekat *Otvaranje zamenskih kapaciteta za postojeće površinske kopove koji prestaju sa radom i otvaranje kopova koji će biti namenjeni za nove termoenergetske kapacitete je plasiran* na drugu poziciju (prvoplasirani je Projekat izgradnje novih vetroelektrana ukupne snage do 500 MW na području Republike Srbije). Projekat *Uvođenje sistema za upravljanje kvalitetom uglja* je plasiran na treću poziciju, *Uvođenje nove organizacije na površinskim kopovima EPS u cilju unapređenja rada i povećanja efikasnosti površinskih kopova u EPS* na 12 poziciji, *Intenziviranje istraživanja ležišta uglja na celoj teritoriji Republike Srbije* na 16 i *Optimizacija i koncentracija proizvodnje uglja iz podzemne eksploatacije* na 19 poziciji.

6. Indikatori za praćenje ostvarivanja Startegije

Strategijom su definisani indikatori za Praćenje ostvarivanja startegije. Indikatori su povezani sa strateškim ciljevima i uz pomoć njih se prate osnovni ciljevi Strategije. Indikatori su urađeni za tekuću godinu i prezetirane su ciljne vrednosti indikatora do 2023 godine.

Indikator 1

Cilj: Obezbeđenje potrebnih količina uglja za finalnu potrošnju i za proizvodnju toplotne energije

Indikator: Odnos domaće proizvodnje uglja i uglja potrebnog za finalnu potrošnju i trnsformaciju u toplanama.

Indikator ukazuje na mogućnost zadovoljenja potreba za ugljem u

ovim oblastima iz domaće proizvodnje. Indikatorom se ne uzima u obzir činjenica da se u zemlji proizvode visokokvalitetni ugljevi u veoma malim količinama (antracit, kameni ugalj i sl.). Računa se kao odnos energetske vrednosti proizvedenog uglja i zbira finalne energije i energije potrebne za transformaciju toplanama i energanama.

Domaća proizvodnja uglja:		
Rudnici PEU	595.284 t,	17.000 kJ/kg
Rudnik podvodni	225.000 t,	9.000 kJ/kg
EPS:		(7.500 kJ/kg)
Sušenje	548.752 t	
Industrija	231.921 t	
Toplane	211.197 t	
Finalna potrošnja:	27.984 TJ	
Toplane:	2.732 TJ	
Energane (bez visokopećnog gasa):	2.845 TJ	
Potrošnja:	33.561 TJ	
Vrednost indikatora:	***0,58 (58%)***	
Ciljana vrednost indikatora 2023.:	*0,75*	

Indikator 2

Cilj: Sigurno i pouzdano snabdevanje elektroenergetskih termokapaciteta
Indikator: Odnos ostvarenog efektivnog kapaciteta i teoretskog kapaciteta BTO sistema.

Ovaj indikator ukazuje kakvo je iskorišćenje instalisanog kapaciteta opreme i odnosi se na odnos ostvarenog vremena rada BTO sistema i teoretskog vremena. Ukazuje kakvo je iskorišćenje vremena rada opreme. Indikatori su prikazani odvojeno za ugalj i za jalovinu gde su vrednosti nešto niže u odnosu na mogućnosti.

Ciljana vrednost indikatora 2023.: 0,50

Za planiranu proizvodnju neophodno je povećati vrednost indikatora koeficijent kapacitativnog iskorišćenja na 0,5, čime će se stvoriti preduslovi za racionalizaciju vremenskog iskorišćenja i racionalizaciju radne snage (preduslov da sistemi ne rade vikendom).

Indikator 3

Cilj: Ostvarivanje potrebnog kapaciteta na otkopavanju uglja i jalovine u cilju sigurnog snabdevanja termoelektrana
Indikator: Odnos ostvarene i planirane proizvodnje jalovine i uglja na površinskim kopovima.

Ovaj indikator ukazuje na ostvarivanje potrebnog kapaciteta na otkopavanju uglja i jalovine u cilju sigurnog snabdevanja termoelektrana. Indikatori ukazuju na zaostatak u otkopavanju jalovine od oko 15% što za

posledicu dugoročno može imati za rezultat neostvarivanje potrebne proizvodnje uglja. Količine otkrivke moraju biti usaglašene sa koeficijentom otkrivke. Odnos ostvarene proizvodnje jalovine 84.195.353 m^3 i uglja 37.029.091 t (2,27) ne odgovara tekućem koeficijentu otkrivke.
Ciljana vrednost indikatora 2023.: 1,00

Za jalovinu indikator treba da bude 1,00 uz plan koji je usaglašen sa proizvodnjom uglja i koeficijentom otkrivke za tekuću godinu.

Indikator 4
Cilj: Optimizacija i koncentracija proizvodnje uglja iz podzemne eksploatacije
Indikator: Odnos utrošenih i planiranih investicionih sredstava

Indikator pokazuje stepen realizacije predviđenih projekta, optimizaciju i koncentraciju proizvodnje uglja iz podzemne eksploatacije i ukazuje na potencijalne opasnosti nedostatka proizvodnje zbog smanjenog obima investicija.

Investicije za 2015. godinu:

Planirana sredstva:	998.213.000 RSD
Realizovana sredstva:	324.063.770 RSD
Vrednost indikatora:	*0,32 (32%)*
Ciljana vrednost indikatora 2023.:	*0,90*

Indikator 5
Cilj: Intenziviranje istraživanja ležišta uglja na celoj teritoriji Republike Srbije
Indikator: Odnos izvršenih i planiranih istraživanja ležišta

Indikator pokazuje stepen realizacije predviđenih projekta Inteziviranje istraživanja ležišta uglja na celoj teritoriji Republike Srbije i ukazuje na potencijalne opasnosti nedostaka kvalitetnih podataka zbog smanjenog obima investicija.
Ciljana vrednost indikatora 2023.: 0,90

Indikator 6
Cilj: Intenziviranje istraživanja ležišta uglja na celoj teritoriji Republike Srbije
Indikator: Odnos rezervi kategorije A+B sa ukupnim rezervama ($A+B+C_1$).

Indikator pokazuje stepen istraženosti ležišta sa aspekta pouzdanosti kvalitetne prognoze rezervi uglja.
Ciljana vrednost indikatora 2023.: 0,60

Indikator 7
Cilj: Uvođenje sistema za upravljanje kvalitetom uglja
Indikator: Broj kompozicija uglja neadekvatnog kvaliteta - isporučenog ispod potrebne vrednosti (ispod 6.500 kJ/kg), preko potrebne vrednosti (preko 7.500 kJ/kg) i ukupnog broja vozova.
Ciljana vrednost indikatora 2023.: 0,20

4. Zaključak

Programom ostvarivanja Strategije energetike Republike Srbije [1], još jednom je pokazano da će i u narednom periodu ugalj biti osnovni energetski resurs. Strategijom su definisani strateški ciljevi koji moraju biti ispunjeni. Definisana je lista mera u oblasti uglja, sa jasno definisanim programima, investicijama izvorima sredstava i efektima koji se postižu. Programom su određeni prioriteti projekata u okviru Strategije energetike i na njima projekti iz oblasti uglja zauzimaju vodeće pozicije sa velikim planiranim investicijama koje moraju biti realizovane u relativnom kratkom roku. Takođe, definisane su mere zaštite životne sredine i definisani su indikatori za praćenje ostvarivanja Strategije.

Literatura

1. Program ostvarivanja strategije razvoja energetike republike srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine za period 2017. do 2023. godina

ANALIZA MOGUĆNOSTI SELEKTIVNO ODLAGANJA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA ISTOČNOG DELA KOLUBARSKOG BASENA UGLJA

SELECTIVE DUMPING POSSIBILITY ANALYSIS ON OPENCAST MINES IN EASTERN PART OF KOLUBARA COAL BASIN EPS

Ilić S.[1], Šubaranović T.[2], Dimitrijević B.[3]

Apstrakt

Selektivno otkopavanje i odlaganje otkrivke podrazumeva posebno otkopavanje humusnog i plodnog sloja potrebnog za biološku rekultivaciju i ono se odnosi po pravilu, na prvi sistem bager transporteri odlagač (I BTO). Odlagači sa predviđenom velikom dužinom odlagališne strele zadovoljavaju uslove koje postavlja selektivno odlaganje otkrivke, odnosno sa ovim odlagačima moguće je vršiti selektivno odlaganje otkrivke iz najvišeg pojasa

Ključne reči: Odlaganje, odlagač, selektivni rad, rekultivacija

Abstract

Selective excavation and disposal of overburden means separate

---

[1] Doc.dr Saša Ilić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[2] Doc.dr Tomislav Šubaranović, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[3] Doc.dr Bojan Dimitrijević, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

excavation of fertile and humus layers required for biological land reclamation, and usually it refers to the first excavator-conveyors-spreader system (I ECS). Spreaders with the proposed long discharge boom length satisfy the conditions imposed by the selective dumping of overburden, or in other words, selective disposal of overburden from the highest belt is possible with these spreaders.

Key words: Dumping, spreader, selective mining, recultivation

1. Uvod

Zakonska regulativa eksplicitno nalaže potrebu rekultivacije kao postupka vraćanja prvobitnih prirodnih funkcija i proizvodne sposobnosti degradiranom zemljištu. Iza ovog naloga zakona stoje suštinski razlozi:

1. Moralni i civilizacijski;
2. Etički, zemljište predstavlja obnovljivo prirodno bogastvo i ne sme biti trajno uništeno ili degradirano već sačuvano;
3. Socijalno-ekonomski, rekultivisane i uređene površine, pošto im je vraćena prirodna funkcija i proizvodna sposobnost, predstavljaju novi egistencijalni izvor, mogu se ustupati, menjati ili uz materijalnu naknadu otuđiti, što je od posebnog značaja za EPS.

Tehnička rekultivacija sa selektivnim otkopavanjem, transportom i nanošenjem plodnog zemljišta (soluma) na završnim površinama odlagališta može se izvoditi:

- ***Objedinjeno*** (istovremeno) sa tehnološkim procesom otkopavanja, transporta i odlaganja otkrivke sa najviše etaže kopa;
- ***Razdvojeno*** (posebno) od tehnološkog procesa otkopavanja otkrivke na površinskom kopu.
  Otkopavanje plodnog zemljišta (soluma) obavlja se posebno, ispred sistema za otkopavanje otkrivke na najvišoj etaži kopa, kao i transport plodnog zemljišta od kopa do odlagališta i odlaganje.

2. Mogućnost izuzimanja i odlaganja soluma postojećom tehnologijom rada

Objedinjeno selektivno otkopavanje i odlaganje podrazumeva posebno otkopavanje humusnog i plodnog sloja, potrebnog za biološku rekultivaciju i ono se odnosi na I BTO sistem. Posle završnog nastupa rotornog bagera na otkopavanju soluma u prvom pojasu (do pune dubine

bloka) bager nastavlja sa otkopavanjem preostalog dela otkrivke u visinskom bloku. Odlagač odlaže solum na najviši deo već odloženih masa otkrivke čime stvara površinu sa plodnim zemljištem potrebnim za biološku rekultivaciju.

Kada je reč o kapacitetu rotornog bagera, kao i bagera vedričara on zavisi od radne sredine koju otkopava. Najveći kapacitet bageri postižu u uslovima optimalnih dimenzija bloka i kada je otpor na kopanje usaglašen sa reznom silom bagera. Pored toga, kapacitet bagera zavisi i od broja pomoćnih operacija, koje su neizbežni deo radnog procesa, tokom otkopavanja bloka. To su pre svega promena reza, promena bloka i slično. Međutim, ukoliko se bagerima otkopava blok otkrivke sa humusnim slojem (solum) tehnologija se komplikuje. U tom slučaju dolazi do smanjenja kapaciteta u radu bagera. Posledica je smanjenje raspoloživog vremena za otkopavanje otkrivke, zbog potrebe selektivnog otkopavanja soluma.

Pri dobroj organizaciji posla, zastoji zbog promene reza bagera, pražnjenja trake i postavljanja strele odlagača u poziciju za selektivno odlaganje soluma ne moraju da se superponiraju. Obično je pražnjenje trake i postavljanje strele odlagača u potrebni položaj duži zastoj, tako da bager čim završi otkopavanje reza otkrivke, može da pređe u poziciju za otkopavanje humusnog sloja (solum) ili obrnuto.

Pored smanjenja raspoloživog vremena otkopavanja otkrivke, mora se otkopavati rez, čija visina nije dovoljna za ostvarivanje potrebnog kapaciteta. Poznato je iz teorije kopanja rotornim bagerom da visina reza treba da je 0,5-0,7 prečnika rotora. To je preporuka upravo zbog toga što se sa takvim visinama reza postiže dobro punjenje kašika, odnosno potreban kapacitet. Međutim često se dešava da je potrebno otkopati rez, čija je visina nedovoljna da bi se postigao željeni cilj. To za sobom, naravno, povlači pad kapaciteta bagera i to zbog nemogućnosti kompezacije male visine reza, maksimalno mogućom debljinom i širinom odreska.

Pad kapaciteta jednog rotornog bagera u ovakvim slučajevima nameće potrebu da se kompenzira na drugom bageru, kako bi se obezbedila utvrđena dinamika napredovanja radova. S druge strane, zbog malog kapaciteta, bager otkopava sloj soluma male debljine vremenski znatno duže nego što je to slučaj pri normalnom radu. Posledice ovoga je, takođe, problem kompenzacije pada kapaciteta bager u jednom dužem vremenskom periodu.

Primena selektivnog otkopavanja i odlaganja humusnog sloja, opremom i tehnologijom koja se sada koristi na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje, praktično bi zahtevala potpunu promenu

tehnologije otkopavanja. Sadašnji kapaciteti na otkopavanju otkrivke zadovoljavaju trenutne potrebe i dinamiku izvođenja radova sa odgovarajućim procentom rezerve u kapacitetima. Uvođenje selektivnog otkopavanja i odlaganja otkrivke znatno bi smanjilo raspoloživi kapacitet I BTO sistema, čime bi se ugrozila dinamika izvođenja radova na otkrivci i brzina napredovanja fronta radova, a samim tim i ugrozila i realizaciju planirane proizvodnje uglja. Takođe, postojanje kaseta za odlaganje pepela i gipsa na prostoru unutrašnjeg odlagališta umanjuju mogućnost primene selektivnog odlaganja otkrivke. Imajući sve ovo u vidu trenutno se, ova vrsta tehnologije otkopavanja i odlaganja otkrivke ne može primeniti na ovom površinskom kopu.

Na površinskom kopu Radljevo, Studijom izbora ograničenja i otvaranja površinskih kopova Radljevo i Južno Polje sa komparativnim prikazom tehno-ekonomskih aspekata eksploatacije uglja za izbor prioritetnog snabdevača ugljem TE-TO Kolubara B (Vattenfall Europe Mining AG, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, 2008) u varijanti otkopavanja uglja sa godišnjim kapacitetom od 13 miliona tona, predviđeno je otkopavanje otkrivke sa dva sistema. Dva BTO sistema sastoje se od rotornih bagera teoretskog kapaciteta 7000 (6800) m^3/h. Predviđeno je da se odlaganje jalovine vrši odlagačima sa trakom, teoretskog kapaciteta 14000 i 8800 m^3/h. Obzirom na predviđeni kapacitet odlagača sa trakom, daje se pregled osnovnih karakteristika odlagača sa trakom (Tabela 1) koji se mogu primeniti za selektivno odlaganje otkrivke.

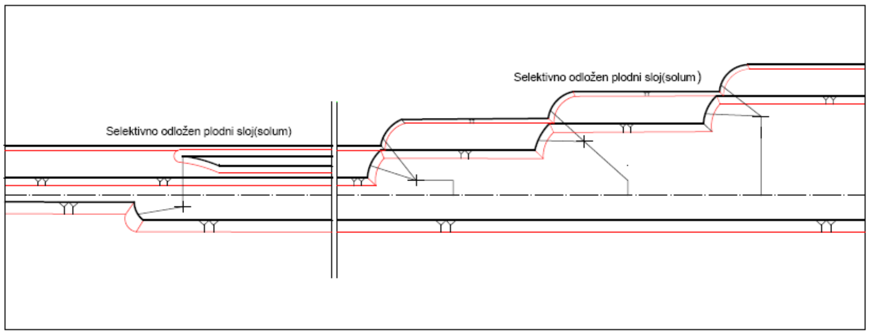
Tabela 1. Osnovne karakteristike pojedinih tipova odlagača

	Kapac.	**Dužina prijemne strele (m)**	**Dužina odlagališne strele (m)**	**Masa (t)**	**Pritisak na tlo (N/cm^2)**	**Instalisana snaga motora (kW)**
Man Takraf						
ARs(K) 8800.85	8800	13	85	1695	10,7	1850
ARs(K) 8800.95	8800	35,7	95	1745	10,7	1850
A_2Rs 8800.110	8800	35	110			
A_2Rs(K) 8800.110	8800	26	110	2435	6,6/8,1	3600
A_2Rs(K) 8800.150	8800	40	150	3370	8,9/7,7	4500
KRUPP						
AR_S 2200	10000	27	110	2850	7,5	5160
KOTHEN						
A_2Rs(K) 8800.110	8800/ 10000	36	110	2550	9	3610

Odlagači sa predviđenom velikom dužinom odlagališne strele zadovoljavaju uslove koje postavlja selektivno odlaganje otkrivke,

odnosno sa ovim odlagačima moguće je vršiti selektivno odlaganje otkrivke iz najvišeg pojasa (Slika 1).

Određivanje dimenzija bloka odlagača mora se zasnivati na izjednačavanju zapremina otkopanog bloka i bloka odlaganja, uvažavajući koeficijent rastresitosti, obim masa plodnog sloja i otkrivke kao i uslov da odlagač nesmetano može nanositi plodni sloj iznad jalovinskog.



Slika 1. Principijelna tehnološka šema selektivnog odlaganja otkrivke iz najvišeg pojasa otkopavanja

Uvođenje selektivnog odlaganja otkrivke zahteva strogu primenu specifične tehnologije rada koja se mora organizovano tehnički sprovoditi. Dopunska oprema za ovu tehnologiju selektivnog otkopavanja, transporta i odlaganja plodnog zemljišta nije potrebna, niti su potrebni posebni prostori za privremeni smeštaj plodnog zemljišta.

U tehnološkom modelu rada BTO sistema na selektivnom otkopavanju plodnog zemljšta bitne su:

- Konstruktivne i kinematske karakteristike bagera i odlagača;
- Fizičko mehaničke karakteristike materijala koji se otkopava (rastresitost i drugo);
- Vremenski i oragnizacioni činioci.

Predviđena rezerva u kapacitetu na otkopavanju I BTO sistema na površinskom kopuj Radljevo iznosi 15%, dok na odlaganju iznosi 15%. Kao u slučaju površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje ova rezerva predstavlja minimalnu rezervu u kapacitetu koja obezbeđuje nesmetano izvođenje radova i realizaciju proizvodnje prema planiranoj dinamici. Ovi podaci ukazuju da je veoma teško realizovati objedinjeni tip tehničke rekultivacije, tako da je potrebno opredeliti se za razdvojene tehnološke procese.

3. Zaključak

Tehnička rekultivacija sa selektivnim otkopavanjem, transportom i nanošenjem plodnog zemljišta na završnim površinama odlagališta može se izvoditi objedinjeno ili razdvojeno. Pored tehnoloških uslova, veoma bitan podatak za realizaciju selektivnog odlaganja je i kvalitet zemljišta na prostoru površinskog kopa u funkciji kojeg se postavlja pitanje isplativosti ovakvog načina selektivne eksploatacije i odlaganja. Sa dinamičkog aspekta formiranja završnih kontura unutrašnjeg odlagališta, postoji realna mogućnost, da se nakon prelaska na unutrašnje odlagalište na površinskom kopu Radljevo, uz razdvojenu tehničku rekultivaciju, započne sa biološkom rekultivacijom spoljašnjeg odlagališta (unutrašnje odlagalište površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje), selektivno otkopanog i odloženog humusnog sloja kontinualnim, diskontinualnim ili kombinovanim sistemom eksploatacije.

Literatura

1. Pavlović V.: Rekultivacija površinskih kopova i odlagališta, Monografija, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2000.
2. Vujić, S. i dr.: Projektovanje rekultivacije i uređenja predela površinskih kopova, Monografija. Beograd, 2008.
3. Studija: Izbor otkopno-transportno-odlagališne opreme pri selektivnom otkopavanju ugljenih serija, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2010.
4. Pavlović V., Jakovljević I., Stepanović S.: Bucket wheel axcavator selective coal mining output, 10th ISCSM-10, Freiberg, p.p.104-113, 2010.
5. Pavlović V., Stepanović S., Mitrović S.: Izbor opreme kontinualnih sistema površinske eksploatacije pri selektivnom otkopavanju uglja, VIII Međunarodna konferencija Nemetali 2009, Vrujci, str. 236-254, 2009.
6. Study: limitations choice and opening of open pits Radljevo and South Field with comparative presentation of techno-economic aspects of coal exploitation for the selection of priority coal supplier TE-TO Kolubara B, Vattenfall Europe Mining AG, Mining and Geology University of Belgrade, 2008.

IMPLEMENTACIJA DUGOROČNOG PROGRAMA EKSPLOATACIJE UGLJA U UGLJONOSNIM BASENIMA EPS

IMPLEMENTATION OF THE LONG-TERM MINING PROGRAM IN COAL BEARING BASINES OF EPS

Jevtić B.[1], Vukovć Z.[2] Mićović Ž.[3], Tomašević G.[4], Nedeljković N.[5]

Apstrakt

Implementacija Dugoročnog programa kao strateškog plana eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS je, kao i za niz drugih dobro formulisanih strategija kritična faza. Definisanje detaljnih programskih sadržaja i organizacija u ovoj fazi predstavlja veoma složen proces u kojem treba da se realizuje niz multidisciplinarnih sadržaja sa svim rizicima koje oni nose. U radu je prikazan metodološki pristup definisanja i organizovanja procesa implementacije Dugoročnog programa koji može da omogući veću pouzdanost njegove uspešne realizacije.

Ključne reči: Površinska eksploatacija uglja, strategija, upravljanje, program, projekat

Abstract

Implementation of the Long-Term Mining Program as a strategic plan for

[1] Jevtić Branko, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd
[2] Vuković Zoran, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd
[3] Mićović Željko, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd
[4] Tomašević Gordana, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd
[5] Nedeljković Nemanja, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd

coal mining in coal bearing basins of EPS, as well as for a number of other well-formulated strategies, is a critical phase. Defining of detailed program contents and organizations at this stage is a very complex process in which a range of multidisciplinary contents should be realized with all the risks they carry. In the paper is presented methodological approach to define and organize the process of implementation of the Long-Term Mining Program that can enable greater reliability of its successful realization.

Key words: Surface mining of coal, strategy, management, program, project

1. Uvod

Dugoročni program eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS je strateški plan koji pokazuje koje ciljeve ima sektor proizvodnje uglja Elektroprivrede Srbije i precizira koje ključne aktivnosti treba da preduzme i realizuje kako bi se ostvarili željeni ciljevi u određenom roku. Ključne komponente ovog strateškog plana svakako su resursi uglja i održivi razvoj eksploatacije u Kolubarskom i Kostolačkom basenu, ali ništa manje nisu važni ni ostali resursi ili uticajni elementi na realizaciju strateških ciljeva: investicije, oprema, kadrovi, infrastruktura, kompanijska organizacija, zakonodavni i institucionalni okvir i poslovno okruženje.

Dugoročni program definisan je na bazi detaljne analize razvoja ugljonosnih basena u prethodnom periodu i percepcije budućeg razvoja. Metodološki pristup izrade Dugoročnog programa i koncepcijska rešenja razvoja eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS praktično čine strateški plan razvoja u planskom periodu do 2025. godine sa projekcijom razvoja do 2050. godine sa sledećim ciljevima:

- sigurno i pouzdano snabdevanje termoelektrana ugljem,
- maksimalno iskorišćenje ležišta,
- društvena i ekonska opravdanost,
- finansijska efektivnost i efikasnost,
- zaštita životne sredine, sanacija i rekultivacija rudarskih objekata,
- smanjen sociološki uticaj i
- povećanje organizacionog kapaciteta sektora uglja.

Ostvarenje strateških ciljeva planirano je kroz realizaciju programa, mera i aktivnosti koje su date u obliku akcionog plana prvog i drugog prioriteta. Prvi prioritet akcionog plana odnosi se na period do

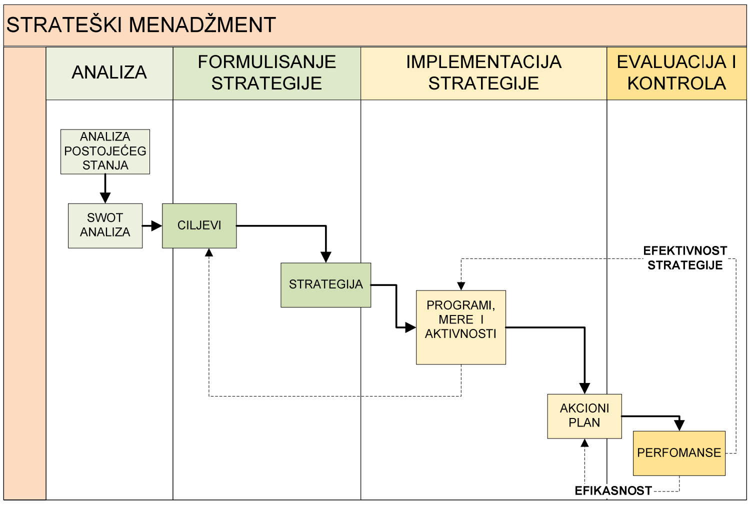
2020. godine a drugi na period do 2025. godine. Akcioni plan je dat na koncepcijskom nivou kao predlog, usmerenje za definisanje i izradu detaljno sadržajnog plana koji predstavlja prvi korak implementacije Dugoročnog programa. Detaljni akcioni plan svakako treba da se uradi na bazi potpuno definisanih i sa visokim nivoom detaljnosti programa, mera i aktivnosti.

Generalno, Dugoročni program kao strateški plan razvoja eksploatacije uglja je sektorska strategija jer su joj razvojne dimenzije usmerene na sektor uglja EPS ali je u potpunosti usaglašena sa ukupnim strateškim opredeljenjima EPS i energetskog sektora Republike Srbije.

2. Strateški menadžmet u kreiranju i realizaciji strategije

Strateški menadžment predstavlja proces usmeravanja aktivnosti u kreiranju i realizaciji kompanijske strategije. Kada je reč o Dugoročnom programu eksploatacije uglja, istaknuto je da on predstavlja strateški plan razvoja sektora uglja EPS a dosadašnje aktivnosti bile su usmerene na kreiranje strategije. Kao strateški plan, već u fazi formulisanja koncipiran je kao sveobuhvatan i usaglašen je sa strateškim planovima EPS i sektora energetike Republike Srbije ali istovremeno, on se odnosi na površinske kopove i ležišta ugljonosnih basena EPS sa različitim internim i eksternim uticajima. S tim u vezi, treba napomenuti da je danas u praksi i dalje izražen efekat silosa u kompanijama. Ovo znači da su organizacione celine grupisane po području delatnosti ili teritorijalnom principu i u velikoj meri su autonomne ili barem teže da budu autonomne. U praksi je uobičajeno da ovakve celine poseduju sopstvene strateške pretpostavke razvoja koje su u određenoj, manjoj ili većoj meri vertikalno usaglašene sa sektorskim planovima ali su istovremeno, iz raznih razloga i prilično samostalne u njihovoj realizaciji. U ovakvim situacijama fokus im je isključivo na sopstveni segment poslovanja i razvoja, bez strateške fokusiranosti na ukupno poslovanje i razvoj sektora ili kompanije u celini.

Zbog toga mogući efekat organizacionih silosa predstavlja značajan rizik za njegovu implementaciju i u krajnjoj instanci realizaciju. Zbog toga je veoma važno da se i u fazi implementacije ovog strateškog plana nastavi sa primenjenim modelom strateškog menadžmenta (Slika 1).



Slika 1. Model strateškog menadžmenta

Za razliku od klasičnih sekvencijalnih modela strateškog menadžmenta sa izraženim granicama između pojedinih faza, prikazani model karakterišu evolutivni pristup i kohezioni i sinergijski faktori realizacije strateških planova. Ove tri determinante definišu model koji je bez izrazitih faznih razgraničenja, sa povratnim vezama između faza i delova faza u funkciji što boljeg prilagođavanja dinamičnom i kompleksnom okruženju sektora uglja kako sa aspekta organizacionih, tehničkih i tehnoloških promena tako prirodnih uslova ležišta uglja. Primena ovog modela omogućuje menadžmentu evaluaciju strateških rešenja i prilagođavanje strategije novonastalim situacijama.

Prikazani model strateškog menadžmenta (Slika 1), sadrži procese analize okoline, formulacije strategije, implementacije i na kraju evaluacije strategije. U fazi formulacije, menadžment sektora uglja EPS definisao je strateške ciljeve i oblikovao strategiju na bazi izvršene analize okoline (unutrašnje i spoljašnje) i mogućih pravaca razvoja eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS. Kako se iz prikazanog modela na Slici 1 vidi, sledeća faza koju treba realizovati je faza implementacije strategije. Ova faza predstavlja skup aktivnosti koje je potrebno preduzeti za realizaciju Dugoročnog programa i presudna je za ukupnu uspešnost ovog strateškog plana.

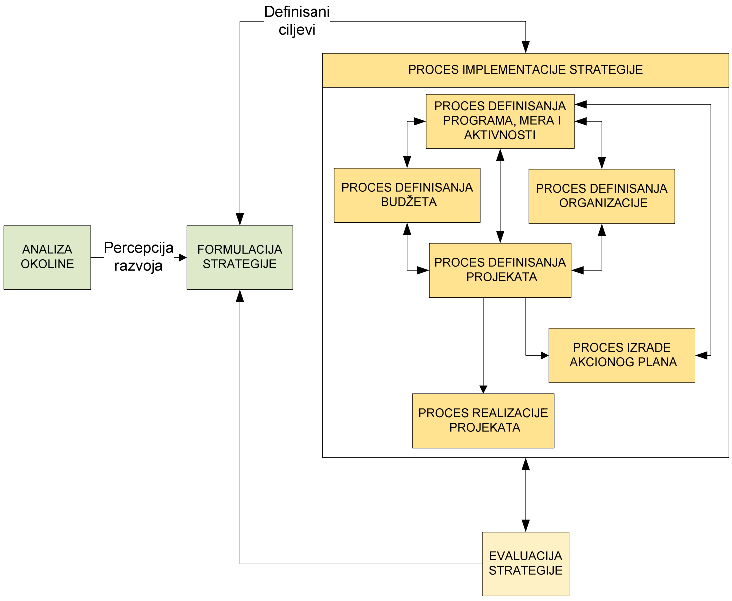
3. Implementacija Dugoročnog programa kao strateškog plana

Fazu implementacije Dugoročnog programa, sa aspekta upravljanja najbolje je posmatrati kao proces koji sadrži niz podprocesa. Ovakav,

procesni pristup omogućuje da se proces implementacije sa svim podprocesima u potpunosti definiše, kako sa aspekta ulaznih parametara i izlaznih rezultata tako i sa aspekta praćenja realizacije pojedinih procesnih aktivnosti. Na Slici 2 prikazan je procesni model implementacije strategije sa vezama procesa analize okoline, formulacije i evaluacije strategije.

Prikazani procesni model implementacije Dugoročnog programa karakterišu procesi: definisanje programa, mera i aktivnosti realizacije strategije, budžetiranje programa, odnosno projekata, organizacija, detaljno definisanje projekata, izrada akcionog plana i na kraju realizacija programa, mera i aktivnosti putem definisanih projekata. Povratne procesne veze upućuju da se izlazni rezultati svakog procesa analiziraju preko definisane metodologije procesa evaluacije i po potrebi redefinišu kako bi se očuvala konzistentnost strategije i strateških ciljeva.

Za upravljanje procesom implementacije strategije veoma je važan i model organizacije. Dobra praksa preporučuje projektni pristup organizovanju u fazi implementacije strategije. Ovo znači primenu projektne logike u definisanju strateških programa za prevođenje strategije u konkretne aktivnosti odnosno, da se kroz proces izrade programa i programskih sadržaja definišu projekti kojima se realizuju strateški ciljevi.



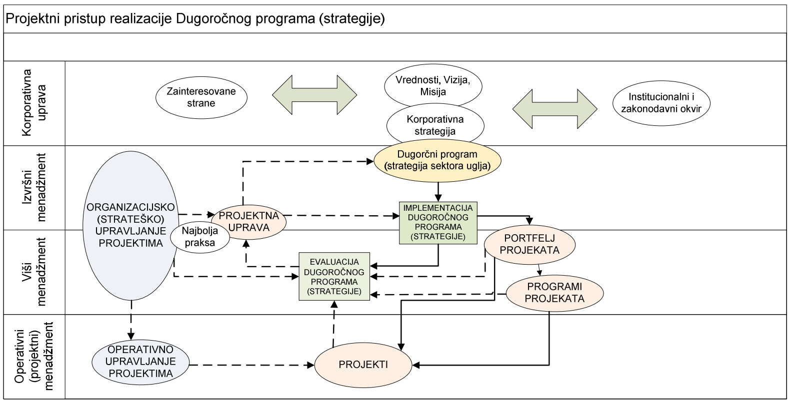
Slika 2. Procesni model implementacije Dugoročnog programa kao strateškog plana

Treba napomenuti da urađeni Dugoročni program sadrži akcioni plan realizacije strateških programa na konteksnom nivou. Sa aspekta prikazane metodologije implementacije, ove programe je neophodno definisati do najvišeg nivoa detaljnosti kako u pogledu projekata i njihovih budžeta tako i u definisanju organizacije realizacije i potrebnih resursa. Ovakav pristup, dalje omogućuje i izradu detaljnog akcionog plana realizacije strategije.

Dakle, za imlementaciju Dugoročnog programa i izradu detaljnih strateških programa, dobra praksa preporučuje primenu projektnog pristupa. To znači da ove poslove treba projektno organizovati, bez obzira da li programske sadržaje čine projekti, programi ili skup projekata-portfelj projektata. Projektni pristup, prema Project Management Institute (PMI), kao standard podrazumeva primenu organizacionog upravljanje projektima. Ovaj koncept je širi od portfelja programa ili projekata, ali su ova tri domena centralne tačke kroz koje organizacija optimizuje svoje delovanje u ostvarivanju strategije i realizaciji vizije, odnosno budućeg stanja i omogućava:

- usklađivanje portfelja projekata, programa projekata i samih projekata sa poslovnom strategijom,
- obezbeđivanje strukture (ljudi i procesa) neophodnih za implementaciju portfelja, programa i projekata,
- okvir za donošenje odluka, nadzora i kontrole izvršavanja poslova i
- obezbeđivanje razvoja znanja, veština i sposobnosti i pravovremene raspoloživosti.

Na Slici 3 pikazan je model organizacijskog upravljanja projektima po PMI standardu prilagođen realizaciji Dugoročnog programa kao strateškog plana.



Slika 3. Model organizacijskog upravljanja projektima prema PMI standardu prilagođen za realizaciju Dugoročnog programa

Prikazani model obezbeđuje upravljivu realizaciju Dugoročnog programa putem jasno povezanih portfelja, programa i projekata. Model definiše sledeće:

1. Domene:
   - portfelj,
   - program i
   - projekti,
2. Organizacione pokretače:
   - struktura,
   - tehnologija i
   - ljudski resursi.
3. Procesna poboljšanja kroz korake:
   - standardizacije,
   - merenja,
   - kontrole i
   - unapređenja.

Dobra praksa ukazuje da je organizacijsko upravljanje projektima strateški pristup koji omogućuje da se na sistematičan, jasno uređen i definisan način upravlja implementacijom Dugoročnog programa kao strategijom razvoja eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS.

Prikazana metodologija implementacije Dugoročnog programa procesno (preko procesnog modela, Slika 2) i organizaciono (preko modela organizacijskog upravljanja projektima) treba da omogući veću pouzdanost realizacije strateški ciljeva, a tokom vremenskog okvira strategije, preko procesa evaluacije, otvara mogućnost optimizacije kako dinamike realizacije tako dinamike investicionih ulaganja.

Svakako treba napomenuti da primena prikazane metodologije nije jedini i dovoljan uslov da se strategija uspešno realizuje.

4. Rizici procesa implementacije Dugoročnog programa

Podaci iz literature, na bazi svetskog iskustva kažu da nešto više od 90% dobro formulisanih strategija doživljava neuspeh iz čega proističe zaključak da je faza implementacije kritična u procesu realizacije strategije. Problemi implementacije strategije nisu vezani samo za definisanje i organizovanje ovog procesa već su izloženi i nizu drugih internih i eksternih rizika. U Tabeli 1 prikazani su najčešći rizici implementacije strategija a koji treba da se analiziraju i sa aspekta implementacije Dugoročnog programa kako bi se povećala pouzdanost njegove realizacije.

Tabela 1. Rizici procesa implementacije strategija

Rizik	Manifestacije rizika u praksi
Implementacija	
Resursi (interni)	- **nedostatak finansijskih resursa** - **neodgovarajući kvalitet resursa** - **nedostupnost resursa**
Komunikacija (interni)	- **slaba vertikalna komunikacija** - **slaba horizontalna komunikacija**
Ljudi (interni)	- **neadekvatne sposobnosti i veštine za implementaciju strategije** - **slaba uključenost zaposlenih** - **neadekvatana motivacija** - **nemarnost i nezainteresovanost zaposlenih** - **nedostatak timskog rada**
Nadzor (interni)	- **nepostojanje metoda nadzora (monitoringa i kontrole)**
Operativo planiranje (interni)	- **nepostojanje operativnih planova** - **nejasno postavljeni operativni zadaci** - **slaba aplikacija projektnog menadžmenta**
Vreme (interni)	- **implementacija strategije traje duže od planiranog**
Institucionalni okvir (eksterni)	- **dug proces davanja saglasnosti na projekte i izdavanja dozvolja i mišljenja nadležnih institucija** - **dug proces sprovođenja procesa javnih nabavki**

5. Zaključna razmatranja

Dugoročni program eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS je strateški plan koji pokazuje koje ciljeve ima sektor proizvodnje uglja Elektroprivrede Srbije i precizira koje ključne aktivnosti treba da preduzme i realizuje kako bi se ostvarili željeni ciljevi u određenom roku. Kao strateški plan on ima strukturu strategije koju čine sastavnice: analiza okoline, formulacija strategije, implementacija i na kraju evaluacija strategije. Implementacija Dugoročnog programa je veoma važna ako ne i najvažnija sastavnica logičke strukture ove strategije.

Prikazana metodologija implementacije Dugoročnog programa procesno i organizaciono treba da omogući veću pouzdanost realizacije strateški ciljeva, a tokom vremenskog okvira strategije, preko procesa evaluacije, otvara mogućnost optimizacije kako dinamike realizacije tako dinamike investicionih ulaganja.

Primena prikazane metodologije nije jedini i dovoljan uslov da se ova strategija uspešno realizuje već se u fazi implementacije posebna pažnja mora posvetiti potencijalnim internim i eksternim rizicima i merama za njihovo smanjenje.

Literatura

1. Fondovska dokumentacija EPS, RB Kolubara i TE KO Kostolac
2. PMI,:A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 5th ed.Project Management Institute, Newtown Square, PA, 2013
3. PMI: Implementing Organizational Project Management: A Practice Guide. Project Management Institute, Newtown Square, PA, 2014
4. Axelos: Portfolio, Programme and Project Management Maturity Model (P3M3®): Introduction and Guide to P3M3. Axelos Ltd., London, 2013
5. Charvat J.: Project Management Methodologies: Selecting, Implementing, and Supporting Methodologies and Processes for Projects. John Wiley&Sons, Haboken, NJ, 2003

METODOLOŠKI PRISTUP ANALIZI POSLOVNIH PROCESA U FUNKCIJI UPRAVLJANJA RUDARSKOM ORGANIZACIJOM

METHODOLOGICAL APPROACH TO THE ANALYSIS OF BUSINESS PROCESSES IN THE FUNCTION OF MINING ORGANIZATION MANAGEMENT

Jovičić V.[1], Pavlović V.[2], Minić Z.[3],

Apstrakt

Procesni aspekt je relativno nov način pristupa projektovanju i redizajniranju organizacije koji polazi od efikasnosti i efektivnosti procesa unutar organizacije. Da bi se uspešno upravljalo organizacijom, menadžment pre svega mora da zna čime upravlja da bi konačno definisao kontinualno preispitivanje procesnih perfomansi a samim tim i upravljanje procesima i celom organizacijom.

Ključne reči: Organizacija, redizajn, procesi

Abstract

The process aspect is a relatively new way of approaching the design and redesign of an organization that starts from the efficiency and effectiveness of the process within the organization. In order to successfully manage the organization, management must first know what it is managing in order to finally define a continuous review of process

[1] Jovičić Vladan, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[2] Pavlović Vlada, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[3] Minić Zvonka, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac

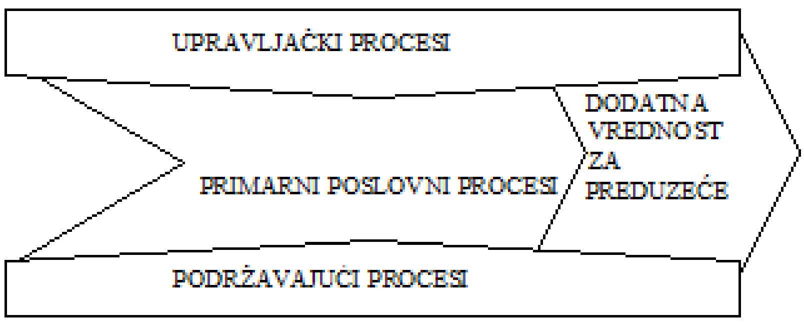
performances, and therefore process management and management of the entire organization.

Key words: organization, redesign, processes

1.Uvod

Struktura rudarskih, ali i drugih poslovnih sistema bazira se na uobičajenim organizacionim oblicima, kao što su na primer funkcionalni, matrični, projektni i drugi . Takvi oblici organizacije uspešni su samo do određenog nivoa kojim se postiže ograničena efektivnost i efikasnost poslovnog sistema. Podela samo na poslovne zadatke, posebno izražena u rudarskim organizacijama, onemogućuje celovit pregled poslovanja. Zaposleni posmatraju samo svoju ulogu unutar organizacije, nemaju predstavu celog procesa i ne mogu, zbog nedostatka potrebnih informacija, preduzeti odgovarajuće organizacione promene. Stvaranje efikasnije rudarske organizacije moguće je dizajniranjem i unapređenjem poslovnih procesa. Na taj način omogućava se detaljno strukturiranje i analiza procesa s obzirom na vreme njihovog izvođenja, troškove, ljudske i druge resurse potrebne za uspešno odvijanje tih procesa. Moguće je prepoznati problematične procese, razbijene procese, nelogično fragmentirane procese, procese u kojima su neadekvatno planirani resursi, procese koji su sami sebi svrha, procese u kojima često dolazi do grešaka, suviše složene procese sa mnogo izuzetaka i specijalnih slučajeva.

Koncept savremenog preduzeća može se prikazati kao lanac vrednosti (Slika 1). Prema ovom konceptu lanac vrednosti sastoji se od primarnih, upravljačkih i podržavajućih poslovnih procesa.



Slika 1. Koncept savremenog preduzeća-lanac vrednosti

Primarni procesi opredeljuju misiju preduzeća, razlog zašto jedna organizacija uopšte postoji. Primarni procesi daju proizvod za koji je zainteresovan kupac. Svaki od ovih poslovnih procesa organizaciji donosi određenu dodatnu vrednost.

Podržavajući i upravljački poslovni procesi postoje u svakom preduzeću (računovodstvo, finansije, kancelarijsko poslovanje, upavljanje ljudskim resursima, menadžment na raznim nivoima i sl.) i omogućavaju odvijanje primarnih procesa. Bez obzira što kod ovih procesa ne postoji proizvod kao direktan produkt i ovi procesi moraju biti uključeni u lanac vrednosti iz prostog razloga što se samo na taj način mogu realno pratiti i izračunavati troškovi ili ostvarena dodatna vrednost njihove realizacije. Ovi poslovni procesi, za razliku od primarnih, ne ostvaruju direktnu dodatnu vrednost za preduzeće, ali su nužni za njegovo funkcionisanje.

Značaj poslovnih procesa za upravljanje organizaciojom kulminirao je pojavom reinženjeringa koji u prvi plan stavlja kontinuitet analize i modeliranja procesa sa ciljem poboljšanja perfomansi preduzeća uz podršku informacione tehnologije. Konačni cilj je zadovoljenje potreba kupaca za proizvodima odgovarajućeg kvaliteta i cene, smanjenje vremena isporuke uz ostvarivanje veće dodatne vrednosti.

2. Metodološki pristup analizi poslovnih procesa

Poslovni procesi mogu se opisati kao niz logički povezanih aktivnosti koje koriste resurse poduzeća, čiji je krajnji cilj zadovoljenje potreba kupaca za proizvodima odgovarajućeg kvaliteta i cene u odgovarajućem vremenskom razdoblju uz ostvarenje neke dodatne vrednosti. Efektivnost procesa meri se vremenom i troškovima potrebnim da bi ulazne vrednosti nekog procesa pretvorili u izlazni rezultat. Procesi su sastavni deo svakog preduzeća, ali se vrlo retko opisuju i analiziraju.

Pre svega, pojam proces treba razlikovati od pojmova procedura i poslovna funkcija. Procedure opisuju šta treba učiniti u određenoj situaciji, dok su poslovne funkcije delovi organizacije (zaposleni i resursi) kojima su pridružene određene odgovornosti (odnosno radni zadaci). Ako se rudarska organizacija konceptualno sagledava kao lanac vrednosti, odnosno niz poslovnih procesa u kontinuitetu od planiranja i razvoja, preko nabavke i proizvodnje pa sve do isporuke proizvoda kupcu, onda je proces deo lanca vrednosti, koji se, u zavisnosti od složenosti može podeliti na podprocese. Procesna aktivnost je najmanji deo procesa koji ima smisla analizirati, modelirati i njime upravljati.

Jedna od najkompletnijih definicija poslovnih procesa glasi: proces je revolucija u načinu razmišljanja koja vodi promenama u poslovanju.

Ovako definisan poslovni proces znači da je procesni posao usmeren prema kupcu, celovit je i orjentisan izlazu, stvara snagu i otvara šanse, odnosno ima procesnu perspektivu ali i individualne aktivnosti stavlja u precizan okvir. Kada zaposleni imaju procesnu perspektivu, tada svoju kreativnost usmeravaju u sadržaj a ne u strukturu svog posla, odnosno, tamo gde će ona najviše doći do izražaja.

Dve ključne reči vezane za procese su *zajedno* i *organizovano* jer svi zaposleni realizujući proces rade na ostvarenju zajedničkog zadatka i imaju organizovan okvir, dizajn procesa, koji daje specifikaciju koji posao treba biti urađen, ko treba da ga uradi, kada i gde.

Poslovni proces obuhvata pet elemenata:

- poslovni proces ima svoje korisnike,
- poslovni proces sastoji se od aktivnosti,
- te aktivnosti usmerene su na stvaranje vrednosti za korisnika,
- aktivnosti vode određeni akteri, koji mogu biti ljudi ili mašine,
- poslovni procesi po pravilu uključuju više organizacionih jedinica.

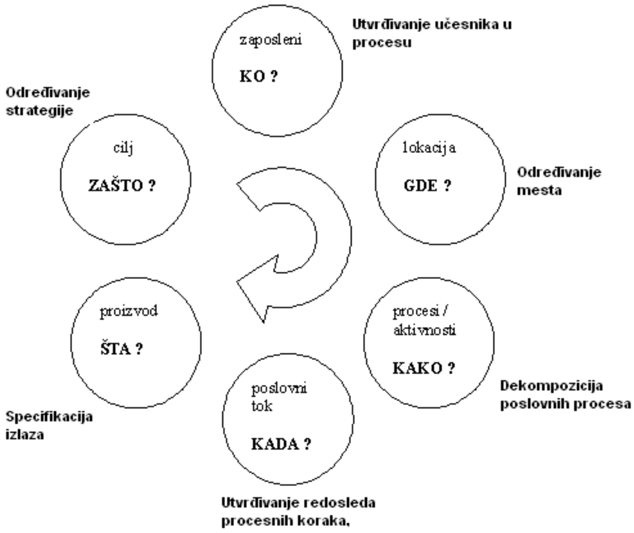
Pri analizi poslovnih procesa mora se poći od činjenice da svaki proces sadrži zajedničke komponente:

- povezane aktivnosti,
- ulaze,
- izlaze.

Metodološki pristup analizi poslovnih procesa podrazumeva da se za jedan proces mora dati odgovor na sledeća pitanja:

- zašto se nešto radi?
- ko to radi?
- gde to radi?
- kako to radi?
- kada to radi?
- šta to radi?

Na Slici 2 prikazan je metodološki pristup analizi poslovnih procesa.



Slika 2. Metodološki pristup analizi poslovnih procesa

2.1. Metodologija analize poslovnih procesa

Određivanje strategije - Poslovna strategija određuje način delovanja preduzeća i njegovu konkurentnost. Promene poslovne strategije realizuju se promenama modela poslovanja i promenama poslovnih procesa. Određivanje poslovne strategije izvodi se u tri koraka:

- analiza i određivanje postojeće pozicije preduzeća: slabosti i prednosti preduzeća i njegova pozicija u odnosu na konkurenciju,
- određivanje stanja i trendova u okruženju: ograničenja i mogućnosti daljeg razvoja,
- određivanje nove strategije preduzeća: generisanje alternativnih scenarija razvoja, odlučivanje o budućoj poslovnoj strategiji i promenama u organizacionoj i tehnološkoj strukturi koje je potrebno učiniti radi realizacije nove strategije.

Procesni pogled na preduzeće zahteva da se strateški ciljevi realizuju na nivou poslovnih procesa a ne na nivou poslovnih funkcija ili sektora. U takvoj situaciji naglašena je potreba upravljanja poslovnim procesima kao i njihovo praćenje i merenje. Na ovaj način uspostavlja se veza između strategije i procesa i svaka promena strategije utiče na poslovne procese i povratno efektivnost i efikasnost poslovnih procesa utiče na realizaciju strategije.

Utvrđivanje učesnika u procesu - Učesnici u procesu su pojedinci,

grupe ili okruženje koje neposredno učestvuju u stvaranju rezultata procesa. Učesnici u procesu mogu biti pojedinci sa određenim ulogama i odgovornostima i vlasnici procesa. Učesnik u procesu je i eksterna okolina.

Određivanje mesta/sredstva - Potrebno je odrediti gde će se izvoditi proces, na kojim lokacijama, u kojem okruženju, hoće li obuhvatiti celu organizaciju ili samo pojedine delove. Takođe, potrebno je definisati potrebna sredstva i opremu za izvođenje procesa.

Dekompozicija poslovnih procesa - Poslovne procese potrebno je razložiti do detalja na potprocese, procesne korake i aktivnosti.

Utvrđivanje redosleda izvođenja procesa - Potrebno je utvrditi tačan redosled izvođenja procesa, definišući događaje koji pokreću poslovni proces kao i sama poslovna pravila. Ulazi su materijalni proizvodi, energija ili informacije pristigli od procesa-dobavljača nužni za ostvarivanje svrhe procesa, a izlazi su proizvodi koji se dostavljaju sledećem procesu u nizu (procesu-kupcu).

Detaljna specifikacija izlaza - U ovoj fazi analize poslovnih procesa potrebno je navesti detljnu specifikaciju izlaza koji zadovoljava zahteve kupca.

Ovakav, metodološki pristup analize poslovnih procesa ima za cilj da obezbedi:

- dizajniranje i dokumentovanje poslovnih procesa,
- pogled na poslovni process bez sektorskih ograničenja,
- maksimalno automatizovanje manuelnih procesa,
- uvođenje kontrolnih tačaka koje osiguravaju integritet procesa,
- povećanje brzine odziva i smanjenje kašnjenja ili praznog hoda pri izvođenju poslovnih procesa,
- povratnu vezu u realnom vremenu o statusu procesa,
- merenje vremena i troškova procesa kako bi se mogli optimizovati.

Sa aspekta upravljanja rudarskom organizacijom metodološki pristup analize poslovnih procesa treba da obezbedi:

- bolju usklađenost između poslovnih procedura i politika organizacije,
- povećanje standardizacije poslovnih procesa kroz strukturu organizacije,
- povećanu pouzdanost izvodljivosti procesa i poslovanja organizacije,
- fleksibilnost procesa da se razvijaju kako se menja interno i eksperno okruženje.

3. Zaključak

Živimo u svetu koji se neprekidno menja. Uspešni menadžeri itekako dobro znaju da na tržištu opstaju samo organizacije koje se prilagođavaju nadolazećim promenama pa stoga uspešan menadžer mora stalno da analizira, redizajnira i usavršava poslovne procese kojima upravlja i da ih povezuje sa strategijama i ciljevima preduzeća. Promene poslovnih procesa su postale glavna preokupacija i zadatak menadžmenta. One su nužne ne samo zbog novih tehnologija nego i zbog same želje nadređenih da se povećaju mogućnosti i produktivnost preduzeća.

Procesni aspekt je relativno novi način pristupa projektovanju i redizajniranju organizacije koji polazi od efikasnosti i efektivnosti procesa unutar organizacije. Da bi se uspešno upravljalo organizacijom, menadžment pre svega mora da zna čime upravlja da bi konačno definisao kontinualno preispitivanje procesnih perfomansi a samim tim i upravljanje procesima, odnosno organizacijom.

Literatura

1. Burton, R. M., Obel, B.: Strategic organizational diagnosis and design, Kluwer Academic Publishers, 1996
2. Burlton, R. T. Business Process Management: Profiting from Process, Sams Publishing, 2001
3. Davenport, T. H. Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology. Harvard Business School Press, 1993
4. Harmon, P. Business Process Change - A maneger's Guide to Improving, Redesigning, and Automating Processes, Morgan Kaufmann Publishers, 2003
5. Harrington, H. J.: Business Process Improvement, McGrow-Hill, 1991
6. Jovičić, V.: Modeliranje osnovnih poslovnih procesa površinske eksploatacije uglja, Magistarski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2009
7. Khan, Rashid N.: Business Process Managment - A Practical Guide, Meghan-Kiffer Press, 2005

SAVREMENE TEHNOLOGIJE KAO POTPORA KVALITETNIJEM ODRŽAVANJU INDUSTRIJSKIH SISTEMA

MODERN TECHNOLOGIES AS A BASIS FOR IMPROVING THE MAINTENANCE OF INDUSTRIAL SYSTEMS

Lazarević N.[1]

Apstrakt

Savremeni industrijski kontrolni sistemi moraju imati odgovarajuću analizu podataka, vizuelizaciju i prediktivno održavanje implementiranog softvera. Sa potpuno novom pametnom opremom i cloud tehnologijom inženjeri u održavanju imaju priliku da veoma brzo reše složene probleme bez prekida rada sistema.

Ključne reči: Prediktivno održavanje, Mašinsko učenje, Fog Computing, Cloud Computing, IoT, sistemi realnog vremena, analitika

Abstract

Modern industrial control sistems must have appropriate data analytics, visualization and predictive maintenance implemented software. With brand new smart equipment and cloud technology, maintenance stuff has opportunity to solve complex problems in a minute without sistem downtime.

Key words: Predictive maintenance, Machine learning, Fog Computing, Cloud Computing, IIoT, Real Time Sistems, Analytics

[1] Lazarević Nebojša, Mikrokontrol, Beograd

Uvod

Savremena cloud tehnologija je odavno ušla u naše živote, a da mnogi od nas toga nisu dovoljno svesni. Svi koristimo pametne telefone koji ne mogu normalno da funkcionišu ako nisu povezani sa internetom na ovaj ili onaj način, uredno koristimo naše računare, a da ne primećujemo da se svaki naš klik miša prati i uredno analizira "negde tamo", a onda se iznenađujemo kako nam iskaču baš nama interesantne reklame kojih, opet, ne možemo da se oslobodimo. Dakle, mi već živimo sa cloud-om koji je spojno mesto mnogo čega. U njemu se danas mnogo toga događa i mnogo toga je već razvijeno od servisa koji mogu da nam donesu boljitak. A šta se događa kada te konekcije nema baš uvek na raspolaganju ili nema protok kakav nam je potreban? E pa tu nastupa Fog i Edge computing koji olakšavaju život korisniku koji ne stoji u oblaku, već na zemlji.

1. Cloud Computing

Ideja Cloud Computinga se zasniva na tome da svi podaci koji su preko potrebni korisniku, bilo da su to aplikacije, dokumenti ili nešto drugo, budu dostupni u svakom momentu, uz jedini uslov - prisustvo internet mreže. Dakle, Cloud je usluga dostavljanja servisa, umjesto samog proizvoda.

1.1. Vrste cloud-a

Kada govorimo o razvojnim modelima, možemo razlikovati 4 vrste "Oblaka", dva „Javna" i dva „Privatna":

- *Javni Oblak (Public Cloud)* - je Cloud Computing u tradicionalnom smislu, pri čemu se resursi dinamički dostavljaju preko interneta i to preko web aplikacija (web usluga).
- *Društveni oblak (Community Cloud)* - deli infrastrukturu između nekoliko organizacija koje imaju zajedničke poslove (sigurnost, uslužnost, nadležnost i dr.), bilo da se njima upravlja iznutra ili od strane treće osobe, dakle spolja.
- *Hibridni oblak (Hybrid Cloud)* - je sastavljen od dva ili više oblaka (javnog, društvenog, privatnog) koji ostaju jedinstveni entiteti, ali su vezani i nude višestruke prednosti implementacije.
- *Privatni oblak (Private Cloud)* - je infrastruktura namjenjena za samo jednu organizaciju, bilo da se njom upravlja iznutra ili od spolja od strane treće osobe.

Danas se predviđa da će se u narednih 10 godina većina Computing-a prebaciti u 5 različitih vrsta Oblaka. Oblaci se dele na dve grupe, od kojih svaka sadrži podtipove, i to:

Platformni oblaci (***Platform Clouds***):

- Tip 1: Google oblak
- ***Tip 2: Microsoft oblak***
- ***Tip 3: Drugi oblaci (IBM, Apple, Yahoo, EMC, HP/EDS, Amazon, Facebook, SAP, Adobe i drugi)***

Uslužni oblaci (***Services Clouds***):

- Tip 4: Kanalni oblaci usluga za masovno tržište poslužitelja, online servisi itd.
- ***Tip 5: Oblaci u objektima velikih kompanija, u službi društva, odeljenja, podružnica, a ponekad i zaposlenih i partnera.***

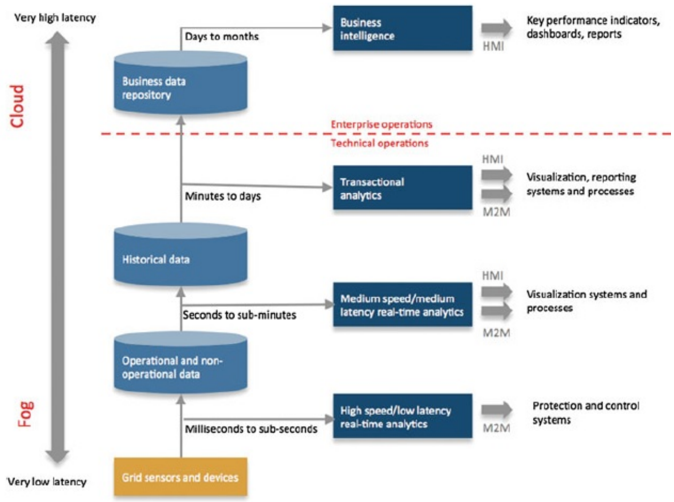
Interesantni su tipovi 2,3 i 5 pošto se oni tiču teme održavanja industrijskih sistema.

2. Fog Computing

Cloud computing zadovoljava najširi spektar korisnika sa mnogo različitih tipova usluga, ali se pojavljuje problem vremenskog odziva kod specifičnih sistema, kao što su industrijski. Takođe, ovi sistem,i takođe moraju imati i podršku za IOT (Internet of Things), da podržavaju mobilne aplikacije, geografsku distribuiranost i brzu reakciju. To nas dovodi do jasnog zaključka da cloud computing ne može sve ovo da zadovolji i tako dolazimo do novog pojma ***fog computing (Foging)***.

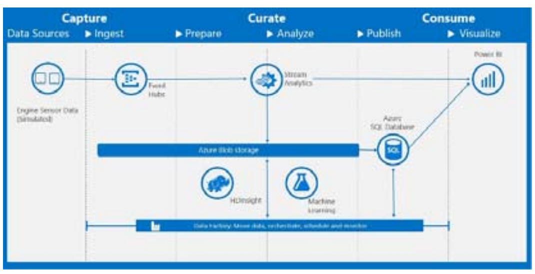
Fog comuting je visoko virtualizovana platforma koja omogućava obradu i skladištenje podataka, kao i uslugu mrežne infrastukture između kontrolnih sistema i tradicionalnog Cloud data centra, koji je tipično lociran na ivici mrežne infrastukture tj. posle njega postoje samo izvori podataka, a to su u našem slučaju PLC-ovi, gejtveji i senzorika. Ovaj novi vid računarstva donosi mnogo boljitka kontrolnim sistemima i njegovim korisnicima zbog bliskosti, brzine odziva i informativnosti. Primer su statistički kontrolisani procesi koji utiču na regulacione krugove, augmented reality naočare povezane sa kontrolnim sistemom (u funkciji brzog i tačnog monitoringa podataka i upravljanja u realnom vremenu) i industrijski tablet PC računari koji se koriste u održavanju sistema i monitoring kritičnih parametara. Ova mogućnost brze reakcije i komunikacije na kontrolnom nivou nam otvara mogućnost i za M2M (machine-to-machine) interakciju kod sistema koji nisu po Industry 4.0 inicijativi, tj. nemaju implementiran OPC UA na samom kontroleru ili su direktno nepovezivi usled razuđenosti kontrolnog sistema. Takođe,

foging donosi neophodnu analitiku na proizvodni nivo, kao i filtriranje podataka koji se šalju u cloud-ov Big Data i ostale servise. To znači da fog može da funkcioniše bez cloud-a i prevazilazi strahove krajnjih korisnika od gubitka internet konekcije, a time i preko potrebnih servisa. Na sledećoj slici 1. se može videti odnos cloud-a i fog-a u zavisnosti od traženih vrsta i kvaliteta usluga



Slika 1. Odnos vrsta potrebnih usluga i brzine reakcije sistema u odnosu na izvor usluge

2.1. Elementi cloud analitičkog sistema

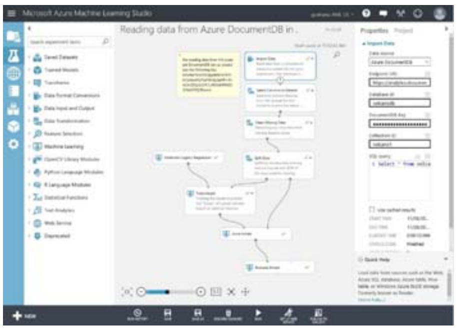


Slika 2. Tipičan blok dijagram analitičke usluge cloud-a

1. ***Internet of Things*** – servisi namenjeni prikupljanju, baznoj obradi i usmeravanju informacija koje dolaze sa senzorike distribuirane na velikoj geografskoj površini ili koncentrisanih u jednom mestu, kao što su PLC i DCS sistemi. Podsistemi unutar ove grupe su IOT Hub, Event Hub i Notification Hub (Microsoft

Azure cloud services) koji obavljaju navedene funkcije. Sami nazivi se razlikuju od cloud provajdera do provajdera, pa ćete tako kod Amazon web services imati malo drugačije nazive i funkcije.

2. ***Stream Analytics*** – suprotno standardnoj batch analitici gde se radi obrada nad konačnim skupom podataka, stream analitika radi obradu i prikaz protočnih podataka, čak iz više različitih izvora ođednom. Tipična primena ovog servisa je upravljanje inventarom, monitoring infrastukture u računskim centrima, telemertrija sa uređaja u polju, veb sajt analitika i dr.
3. ***Machine Learning*** – *cloud prediktivni analitički servis koji daje mogućnost brze* kreacije i aktiviranja prediktivnih modela koji se kreiraju preko specijalizovanog cloud softvera koji se u slučaju Microsft Azure-a zove Azure Machine Learning Studio (Slika 3). On daje mogućnost kreiranja algoritma ponašanja kontrolnog sistema, testiranje i izmenu ako se algoritam pokaže nedovoljno precizan. Izvor informacija sa jedne strane dolazi od IoT servisa i velike količine podataka koji ovaj softver analizira, a sa druge čoveka koji ove algoritme i način obrade može da modifikuje i preusmerava tako da sistem daje najbolje moguće odgovore. Kao motorna snaga ovoga servisa se javlja veštačka inteligencija (AI) oličena u kognitivnim servisima kao što je Microsoft Cortana, Amazon Alexa i sl. koji stoje korisniku na raspolaganju za razvoj složenih algoritama i ponašanja. Tipična primena je u ***prediktivnom održavanju sistema upravljanja i opreme***, dekodiranju moždanih signala, predviđanju bolesti, kretanju valuta u bankarskom sektoru, predviđanju potrošnje nekog proizvoda itd.

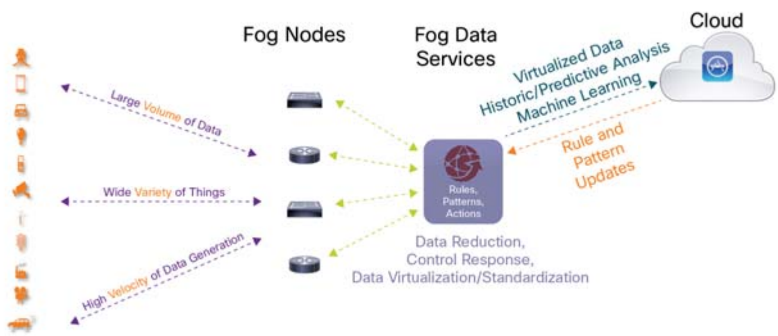


Slika 3. Microsoft Azure Machine Learning Studio - tipičan prikaz

4. ***HDInsigt*** – softversko okruženje za upravljanje, analizu i kreiranje izveštaja baziranih na BIG DATA setovima podataka unutar klastera.
5. ***Big Data*** – veliki skup informacija sakupljenih sa senzora u industriji, korisničke aktivnosti na web sajtovima ili bilo kog drugog izvora koji generiše ogromnu količinu podataka u realnom vremenu. Ova količina je nemoguća za normalnu ljudsku analizu, pa se obrada vrši uz pomoć gore navedenih servisa. Kako računari mogu uz pomoć veštačke inteligencije da uporedno analiziraju neke na prvi pogled nevezane informacije, može se doći do fantastičnih zaključaka i to u toku samog događaja, a ne kasnije kada je možda već kasno da se reaguje.
6. ***Business Intelligence*** – sva prikupljanja i analitička obrada podataka se stiču u prezentacionom delu kojim korisnik prima sva obaveštenja na njemu najprirodniji način. Bez obzira gde je obrada izvršena (u cloud-u ili fog-u), ovde se podaci na kraju vizuelizuju za web korisnike. Ovakav sistem je sposoban da integriše više tipova podataka i izvora. Svaki cloud provajder poseduje poseban portal gde korisnik može da kreira svoje prikaze i prilagođava trenutnim potrebama.

2.2. Elementi fog computing sistema

Kako cloud obezbeđuje vertikalnu integraciju IOT sveta, obradu i vizuelizaciju podataka, tako fog obezbeđuje horizontalnu integraciju između izvora podataka i kontrolnih sistema, sa osećajem kao da koristimo cloud servise, a sa brzinom odziva kao da se radi o klasičnoj internodnoj komunikaciji u realnom vremenu. U zavisnosti od potreba krajnjeg korisnika, fog može biti bliže ili dalje cloudu.



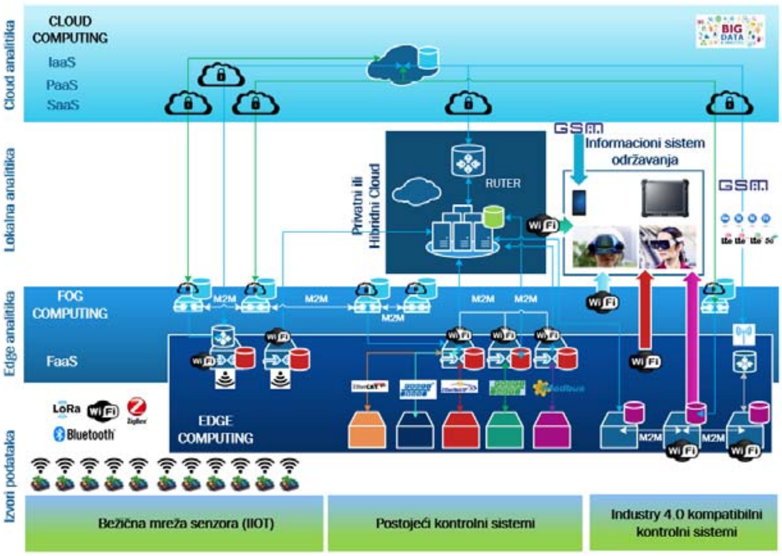
Slika 4. Tipična fog computing šema delovanja

Osnovni elementi fog computing-a su:

- ***OpenFog Fabric*** – sastoji se od gradivnih blokova koji omogućavaju homogenu računarsku strukturu koja može da posluži kao okruženje za PLC-ove, senzore, mrežne uređaje i ostale fog nodove. Generalno, ovakva homogena struktura je sastavljena od potpuno raznorodnog hardvera i platformi, različitih proizvođača.
- ***OpenFog Servisi*** – su sagrađeni na OpenFog Fabric uniformnoj infrastukturi. Ovi servisi mogu da sadrže akceleratore mrežnog saobraćaja, isporuku sadržaja, menadžment uređaja, upravljanje topologijom uređaja i sistema, CEP (Complex Event Processing), video kodiranje, industrijske gejtveje, protokol bridževe, rasterećenje saobraćaja na komunikaciji, analitičke platforme, analitičke algoritme i dr. To je primer mikro-servis arhitekture
- ***Uređaji / Aplikacije*** – su krajnji senzori, aktuatori i samostalne aplikacije povezane sa fog elementima. Uglavnom se povezuju sa OpenFog Servisima.
- ***Cloud Servisi*** – imaju svoju prednost kada se radi obrada velike količine podataka ali tako da ne utiču na operativnu autonomiju na lokalu.
- ***Bezbednost*** – je fundamentalna za OpenFog aplikacije. Nivo bezbednosti koji postoji u cloud-u je sada spušten na mnogo niži nivo i uniforman.
- ***Proširivost*** – svi resursi u sistemu se mogu prilagođavati potrebama korisnika bez rušenja prethodno uspostavljenog funksionalnog sistema. Proširenje može ići u više pravaca i to:
    - ***Proširenje preformansi*** – kako raste potreba za brzinom odziva, tako se može sistem ubrzavati
    - ***Proširenje kapaciteta*** – kako se dodaju novi nodovi, aplikacije tako se može širiti i mreža koja ih povezuje
    - ***Proširenje dostupnosti*** – po potrebi sistem može biti redundantan i/ili više distribuiran, pa tako i dostupniji prema potrebi.
    - ***Proširenje bezbednosti*** – je bitan osolonac na fog mrežama.
- ***Otvorenost*** - je jedan od fundamentalnih principa kojim OpenFog nodovi mogu postojati bilo gde u mreži. Ovo je omogućeno sposobnošću fog mreže da prepoznaje i čita različite tipove uređaja sa bilo kog mesta u realnom vremenu i svoje rezultate brzo dostavlja na opšte prihvaćeni način.

- ***Autonomija*** – omogućava fog sistemima da obave svoj zadatak čak i kada spoljnje usluge nisu na raspolaganju i to kroz sopstvenu infrastukturu i raspoložive resurse i servise. Ova autonomija se ogleda u
    - Autonomiji pronalaženja i registraciji resursa
    - Autonomnoj koordinaciji i povezivanju servisa i resursa
    - Autonomiji bezbedonosnog Sistema
    - Operativnoj autonomiji

Prirodnim spajanjem cloud i fog sistema u jedan monolitan, a opet distribuiran sistem kroz jednog solution provider-a korišćenje postaje pouzdano, jednostavno, jeftino i bezbedno, jer se sve razvija na jednoj platformi, a opet oživljava na mestu gde je najprikladnije. Cloud i fog će biti kao dva plućna krila u budućnosti kada nam se svima dogodi Internet svega (**IoE** – Internet of Everything) i kada će svako sa svakim biti povezan na lak, brz i jednostavan način. Ovo nas dovodi do potrebe da ovakvu savremenu tehnologiju kao osnovu upotrebimo što korisnije kako bi naše društvo u celini bolje živelo. Kako su proizvodni, a pogotovu elektroenergetski sistemi, žila kucavica svakog društva današnjice, efikasno funkcionisanje je zahtev, a ne potreba. Ovaj zahtev je ostvariv samo ako nema zastoja proizvodnje, ako se efikasno koriste postojeći resursi, ako se pametno uvodi nova tehnologija i ume pravilno upotrebiti. Navešću u narednom poglavlju neke od primena.



Slika 5. Kontrolni sistem budućnosti okružen novim tehnologijama i mesto čoveka u njemu

3. Mesto i uloga novih tehnologija u korišćenju i održavanju kontrolnih sistema

Konkretna upotreba pojedinih tehnologija ogleda se:

- Prediktivnom održavanju industrijskih sistema (cloud)
- Naprednom monitoringu i dijagnostici u industriji (cloud, fog, augmented reality)
- Daljinskoj asistenciji nove generacije (cloud, fog, augmented reality)
- Univerzalna interkonekcija postojećih i novih kontrolnih sistema (industry 4.0, iot gejtveji i senzorika)

4. Prediktivno održavanje

Prediktivno održavanje direktno prati stanje i preformanse opreme tokom normalnog rada i predviđa moguće vreme kvarova. Glavni cilj prediktivnog održavanja je da se maksimalno smanji učestanost intervencija, a da se sa druge strane sistem drži što stabilnije, sa što kraćim zastojima, a takođe da se eliminiše u najvećoj mogućoj meri preventivno održavanje koje dosta košta.

Preventivno i prediktivno održavanje imaju sasvim različite strategije. Preventivno održavanje koristi kao svoj osnov prosečno ili očekivano vreme života neke opreme, dok prediktivno koristi stanje opreme. Zbog toga je uspostavljanje ovog drugog režima daleko kompleksnije i stiže se do rezultata iz više interakcija, ali su zato rezultati mnogo značajniji, pa se ta vrsta ulaganja svakako isplati.

Da bi prediktivno održavanje funkcionisalo i imalo pravilne informacije, u analize su uključene i sledeći elementi:

- Analiza vibracija – vibro senzori mogu da detektuju pad performansi opreme kao što su pumpe i motori
- Infracrvena analiza – kamere sa ovom sposobnošću često mogu da otkriju poremećaj u ponašanju opreme pre nego to zaista postane uočljivo
- Akustička analiza – zvučni ili utrazvučni testovi se koriste kako bi se otkrilo curenje gasova i tečnosti
- Uljna analiza – analizom viskoziteta i veličine čestica može se preduprediti veliki zastoj

Studije pokazuju da organizacije potroše 80% svog vremena na probleme koje bi mogle da zaobiđu ako bi proaktivno delovale prediktivnim održavanjem, a time bi sačuvale i vreme i novac. Korisnici

takvog softvera su se izjasnili da

- 10 puta povraćaj investicije (Return of Investment)
- 25-30% smanjenja troškova održavanja
- 70-75% eliminacija totalnih kvarova
- 35-45% smanjenje zastoja
- 20-25% povećanje proizvodnje

Najbolji prediktivni sistemi traže dosta vremena za razvoj i implementaciju do perfekcije, ali se prvi značajni rezultati vide već za godinu dana.

Savremena cloud tehnologija nam daje dosta prostora za razvoj ovakvih aplikacija, što smo pomenuli u predhodnim odeljcima. Machine learning, Big Data, Stream Analytics i HDInsight su samo neki od njih. Servisi sa sposobnošću veštačke inteligencije nam takođe stoje na raspolaganju za sopstvene ideje, a kako je internet jedno veliko selo, moguće je preuzeti i neke već gotove templejte i doraditi za sopstveni specijalni slučaj. Ranijih godina je razvijan softver koji je više lociran u lokalu i vrlo je specijalizovan, a time i dosta skup. Cloud tehnologijom dobijamo nivo slobode koji je nesamerljiv i potpuno nezavisan od proizvođača. Potrebno je samo da izaberemo cloud provajdera: Microsoft Azure, Amazon Web Services, Siemens MindSphere, Predix, … i jednostavno ćemo dobiti sve ove mogućnosti, koje će uvek biti dostupne sa svojim neograničenim resursima.



Slika 6. Elementi potrebni u formiranju prediktivnog algoritma

5. Napredni monitoring i dijagnostika u industrijskom okruženju

San svakog inženjera održavanja je da u svakom momentu ima dostupne informacije o tome u kakvom je stanju njegov kontrolni sistem. To je uvek zahtevalo dosta napora i utroška vremena, a rezultati nikada nisu bili komparativni trudu zbog toga što je tehnologija bila manje razvijena. Mobilni i prenosivi uređaji su nam dali jednu novu dimenziju života, ali još uvek nemamo dovoljno pristupa traženim podacima, pošto sada softver kasni za hardverom. U međuvremenu se pojavila i treća kategorija pametnih uređaja bliskim čoveku: nosivi uređaji (wearable devices) koji

daju sasvim novi doživljaj stvarnosti. Pametne telefone dopunjuju sada pametne naočare i pametni satovi, industrijski šlemovi postaju izvor informacija, a ne samo zaštite na radu. Ne samo što ovi uređaji imaju mogućnost naprednog prikaza i veliku procesorsku snagu, već imaju i sopstvenu senzoriku kao što su IC kamere, 3D žiroskopski sensor, 3D magnetometer, 3D akcelerometar, barometer, vlagometar i sl. koji mogu da se softverski integrišu u jedan sveobuhvatan informacioni sistem.
Pametni šlemovi (Smart Helmets) su relativno novi proizvod u svetu. Oni kombinuju bezbednost na radu, visoke performance i visoki informacioni potencijal. Poseduju procesore poslednje generacije, imaju integrisane augmented reality tehnologije, poseduje širokougaonu CCD kameru, IC kameru, sopstvenu wifi konekciju i bateriju koja ima autonomiju od nekoliko sati. Šlem ima sopstveni operativni sistem i potrebno je otključati sve njegove mogućnosti preko njegovog razvojnog okruženja. Slično kao i kod mobilnih aplikacija za telephone, tako se programiraju i šlemovi, samo što svaki krajnji korisnik ima sopstvene HMI potrebe i zahteve za funkcioinalnošću, pa je šlem sam po sebi nefunkcionalan bez aplikativnog razvoja, ako izuzmemo neke od ugrađenih servisa kao što su 4D Viewer i Remote Expert. Ovakvi razvojni paketi omogućavaju da se integrišu pametni šlemovi i naočare putem OPC UA protokola direktno sa kontrolnim sistemima koji su Industry 4.0 orijentisani. Pored toga oni:

- Prikazuju instrukcije za lakše snalaženje u prostoru, kao što su nazivi opreme, njihove karakteristike, linkovi do uputstava koja mogu da se direktno otvore i pročitaju na staklu vizira
- Uz pomoć gotovih templejta se jednostavno formiraju planovi za održavanje opreme u polju i praćenje izvršenja zadataka
- Precizan grafički prikaz radnih instrukcija kroz vizir, kao uputstvo radniku, kao na slici 7.



Slika 7. Prikaz instrukcija i IC kamere radniku kroz augmented reality vizir

- Korišćenjem animiranih 3D modela, slika, teksta i videa radne instrukcije i uputstva dobijaju neverovatnu dimenziju.
- Integraciju IC kamera sa ostalim taktičkim podacima
- Identifikacijom pokreta ruke (gesture) kao na slici 8 moguće je upravljati kontrolnim sistemom preko virtuelne opreme iako se u blizini ne nalazi ni jedan HMI uređaj.



Slika 8. Identifikacija pokreta ruke i interakcija sa kontrolnim sistemom preko augmented reality naočare

Uz sve ovo, ovakvi uređaji uobičajeno imaju vezu prema internetu i potrebne dodatne informacije korisniku su raspoložive kroz isti uređaj. Danas na tržištu već postoji mnoštvo ovakvih uređaja koji imaju pristupačnu cenu čak i za privatno lice (pametne naočare), dok su pametni industrijski šlemovi i naočare nešto skuplji, ali dobitak koji oni donose mnogo veći i vrlo brzo se pokriva početno ulaganje kroz pravovremenu detekciju problema i sprečavanja zastoja u proizvodnji.

6. Podrška nove generacije

Već danas klasičan pristup daljinskoj podršci gde imamo pristup kontrolnom sistemu preko interneta kroz šumu mrežnih uređaja zamenjuju cloud orijentisani servisi kao što su VNC i TeamViewer gde se na jednostavan način računar kontrolnog sistema povezuje sa osobom iz podrške. Ovaj pristup postoji već 10 godina. Međutim, ponekad to nije mnogo od pomoći jer stručna osoba nije na licu mesta. U takvim slučajevima, augmented reality sa kamerom i brzom internet vezom sa jedne i stručna osoba sa druge strane mogu dati željeni rezultat.

Korišćenjem ove kombinacije se najbrže dolazi do željenog rezultata tj. brzog i efikasnog rešavanja svakog problema.

Sistem funkcioniše na sledeći način: radnik se na licu mesta preko specijalnog QR koda identifikuje na servisni web sistem, veza se uspostavlja, čovek iz podrške ima pregled sa kamere i putem grafičkih simbola i glasovne komunikacije izdaje instrukcije osobi na licu mesta

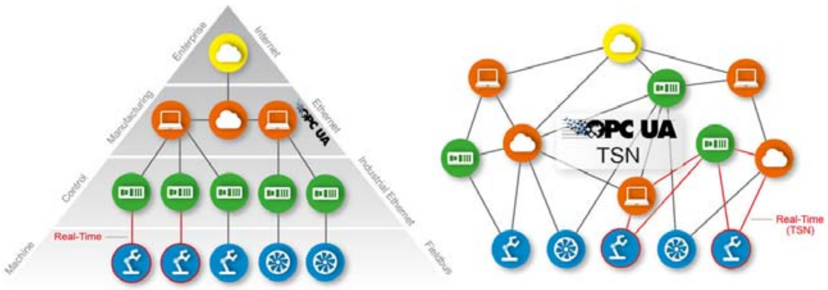
navodeći je da uradi određene operacije.



Slika 9. Daljinska podrška preko augmented reality sistema

7. Univerzalna interkonekcija postojećih i novih kontrolnih sistema

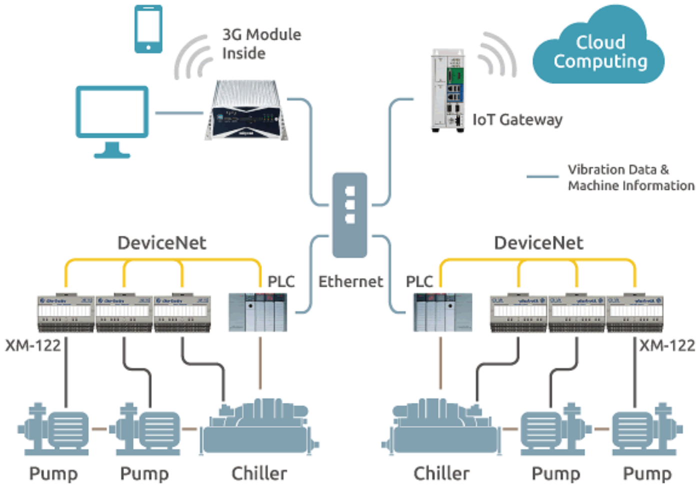
Ima više od 20 godina kako je rođen system komunikacije koji je bio univerzalan u Microsoft svetu, a koristio se između PC računara koji učestvuju u kontrolnom procesu - OPC (OLE for Process Control). Njegova glavna mana je što je isključivo bio vezan za Microsoft Windows operativne sisteme, funkcionisao je isključivo u lokalnoj mreži i bio je veoma uslovljen od strane DCOM tehnologije koja nama koji radimo na implementaciji, a i krajnjim korisnicima samo zadavao probleme. Zato je osmišljen OPC UA (OPC Unified Architecture) koji daje interoperabilnost kontrolnih sistema bez obzira na kojoj se platformi i geografski nalazi. To je dalo velike mogućnosti ne samo da se sada PLC-ovi direktno povezuju sa cloud aplikacijama, već i da potpuno raznorodni PLC-ovi imaju univerzalnu mogućnost komunikacije (M2M – machine-to-machine), bez konverzije jednog protokola u drugi. To je bitan element **Industry 4.0** inicijative. Kroz klasičnu ili najsavremeniju fog mrežnu infrastrukturu današnji kontrolni sistemi mogu jednostavno i brzo da komuniciraju, bez prevelikog utroška energije oko održavanja mreže ili njenog uspostavljanja, koje zna da bude veoma skupo u razuđenim sistemima.



Slika 10. OPC UA i OPC UA TSN komunikacija

OPC UA prvenstveno obezbeđuje vertikalnu integraciju između

PLC-a, OPC Servera/Klijenta i Cloud servisa, a u manjoj meri M2M komunikaciju, koja preferira da bude u realnom vremenu (horizontalna integracija). Danas OPC UA "jezikom" govori sve više savremenih kontrolnih sistema zbog integracije OPC UA standarda direktno na PLC-u ili čak nekom mnogo jednostavnijem uređaju, kao što je DC napojna jedinica ili frekventni regulator. Dakle, SCADA sistem više ne mora da preko PLC-a sakuplja informacije iz polja, već može direktno sa uređaja u polju da prikupi neke dijagnostičke i merne informacije i prikaže ih, bez nepotrebnog zamaranja glavnog kontrolera. Postojeći sistemi koji, naravno, nemaju OPC UA ili neku drugu cloud orijentisanu komunikaciju (MQTT, AMQP) takođe imaju svoju šansu da se uključe u sve ovo preko IOT gateway uređaja koji mogu da im to omoguće. Sve je više ovakvih uređaja i nisu komplikovani za ugradnju i implementaciju. Na slici 11 je prikazan tipičan primer.



Slika 11. Tipična primena IOT gateway uredjaja u postojećim kontrolnim sistemima

Sledeća stepenica je da M2M komunikacija radi u realnom vremenu, ali preko OPC standarda i da kao i prethodni OPC UA podržava integraciju sve do cloud-a. Zato je osmišlje OPC UA TSN (OPC UA **T**ime **S**ensitive **N**etwork) koji preferira da zameni sve postojeće Real-Time protokole kao što su Profinet, Ethernet/IP, Ethercat i dr. Ova platforma je trenutno u razvoju. Jednoga dana, kada zaživi, učiniće da mnoge stvari budu jednostavnije. Verujem da svaki inženjer u održavanju iščekuje ovaj dan, jer biće rešeni problemi kompatibilnosti različitih uređaja, načina na koji će oni razmenjivati podatke i potrebnih međuelemenata u mreži koji su danas neophodni za povezivanje uređaja.

8. Zaključak

Predviđanja su da će do 2020. godine biti 50 milijardi raznoraznih IOT uređaja spojenih u cloud i fog mreže. U ovaj broj ulaze i kontrolni sistemi sa svojom senzorikom. Ako bi se ostalo na klasičnom pristupu u komunikacijama, korišćenju i održavanju ovolikog broja pametnih uređaja, svet bi brzo doživeo kolaps, pa je neumitnost korišćenja novih tehnologija jasno prisutna. I ne samo to, već će se drastično menjati i profil zaposlenih koji će stvarati i održavati buduće kontrolne sisteme. Neprestana modernizacija će stvoriti stalnu potrebu za unapređenjem sposobnosti zaposlenih kroz neprestano učenje i preobuku, što nismo imali nikada u istoriji. Svet će sasvim drugačije izgledati za 10 ili 15 godina: superbrze komunikacije, široko distribuirana mreža senzora, pametnih uređaja svepovezanih u jednu globalnu mrežu oličenu u cloud-u. Svi putevi na kraju vode u cloud.

Literatura

1. OpenFog Architecture Overview - OpenFog Consortium Architecture Working Group, February 2016
2. Microsoft Azure IoT Reference Architecture - 2016 Microsoft Corporation.
3. Augmented Reality Platform by Daqri - https://daqri.com/technology/ar-platform/
4. OPC UA Foundation - https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/
5. Echtzeitfähigkeit von OPC UA durch TSN - Heinrich Munz, 2016.
6. Predictive Maintenance Technologies - https://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/OM_6.pdf
7. Azure Machine Learning Studio - https://azure.microsoft.com/en-us/services/machine-learning-studio/

PRACTICAL MEASURES TO IMPROVE SLOPE STABILITY FOR THE BALKAN LIGNITE MINES

PRAKTIČNE MERE ZA POBOLJŠANJE STABILNOSTI KOSINA BALKANSKIH POVRŠINSKIH KOPOVA LIGNITA

Leonardos M.[1]

Abstract

Lignite mines have a number types of slopes with different importance and each type requires different measures for stability. As the Balkan lignite mines excavate mainly fine grained, clay and silt, there are specialized practical measures, well fitted in the mining process and economics, to improve slope stability. Specific attention should be given to plastic clay layers at the excavation side and to pore water over pressure dissipation at the dumping side.

Keywords: Slope stability, dump excavation faces, rim slope, inside dump, slope kinematics, dump height, dump foundation, failure containment.

1 Introduction

The reference to the Balkan lignite mines has to do with the materials encountered during mining operation. Contrary to the German Lignite mines, where sand is the main material, accompanied by gravel and conglomerates, the excavation materials in Balkan lignite mines are mainly fine grained, clay and silt. There are also sand layers but with

[1]Dr Leonardos Marios, Mining & Geomechanical Consultant, Athens, Greece

restricted thickness and little influence to slope stability. Conglomerates can be found at the top layers. The results from these conditions are:

At the bench level, slopes fail with a typical curved failure surface, with exception in case of a planar weakness features presence.

- For the high slopes, the type of failure is a compound one consisting of a nearly horizontal surface and a curved one at the back (Fig. 1).
- The most important factor for the stability is the shear strength available in the planar part of the failure surface, which shows that a progressive failure is taking place (1, 2, 6).
- Mine dewatering, when performed, aims more on bench bearing capacity improvement than slope stability.
- Dumps stability requires particular attention as the low material permeability creates the need of long time for pore water over pressure dissipation.

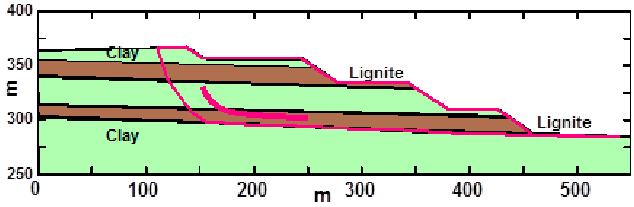


Figure 1 Compound slip

2 Types of slopes in a lignite mine

Lignite mines have a number types of slopes with different worth and importance and each type requires different attention and remedial measures.

Referring to Fig. 2, we can distinguish six types of slopes:

A: Connecting C/B and distribution point slope
B: Excavation faces slope (from surface to footwall)
C: Dump overall slope
D: Excavation face (one bench) slope
E: Dump single phase (bench) slope
F: Rim slope (final - from surface to footwall)

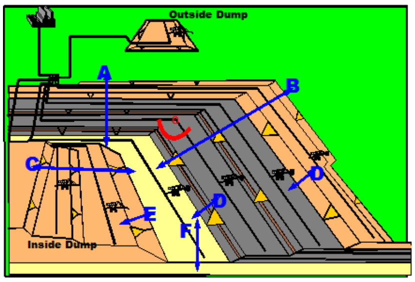


Figure 1 Various types of slopes encountered during lignite mining

3 The slopes without practical measures

There are two slopes (Fig. 2), slope A (connecting C/B and distribution point slope) and slope B (Excavation faces slope) where no practical measures are applicable. The reason is the significancy of these slopes as they "carry" the majority of the mine personnel and equipments. Failures in these slopes may mean the end of mining in this pit. These slopes must well designed with safety factors approaching the corresponding of the civil works (F = 1.3-1.4). If an instability appears, the problem has to be examined immediately and in detail. The revised stability calculations will show the actions to be taken. It has to be underlined that these slopes must be unquestionably stable without displacements.

4 Excavation faces (one bench) slopes

Excavation face (one bench) slope failures do not cause major mine damage but they may hit with momentum the BWE threatening the physical integrity even the life of workers and machine operators. These failures are of the common rotational type and fall out without easily noticeable precursors. In case of suitable failure material, the failed mass is liquefied and spread on the bench surface, hitting machines and personnel. The main reason for the one bench failures is the excessive face inclination for the given slope height. In most cases, the excavation face safety factor is close to 1 and therefore is the duty of the mine geomechanical engineer to develop and establish guidelines concerning the proper excavation faces inclinations.

Special precautions must be taken in case of a fault. Maximizing the upper excavation face advance for toe stabilization (Fig. 3) is a useful solution.

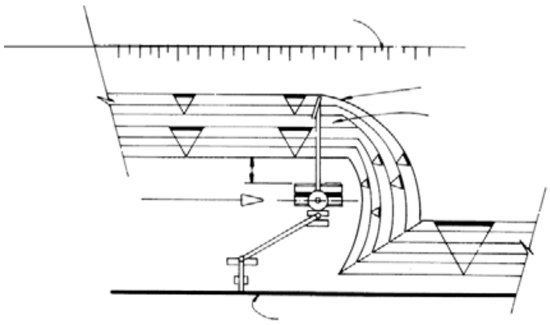


Figure 3 Maximizing the upper excavation face advance for toe stabilization

Other measure is the reduction of the excavation width keeping a safety distance from the fault. If possible, the fault area must be excavated from the back (excavation direction the same as dip direction). The presence of low strength plastic clays layers creates another duty for the mine geomechanical engineer. These subhorizontal layers cause translational ("en bloc") failures which move and damage mining equipment. The problem is more acute when huge BWE control higher than normal faces using technics like low cut. RWE has developed technics (8) for safe BWE operation under such adverse conditions.

5 Rim slopes (final high slopes)

The most common method for safety factor improvement is the slope flattening with various types (3, 4):

- Change of slope inclination. The analysis showed that this method is less effective in the lignite mines than most people believe or the profit per cost is very low.
- Failure unloading.
- Leaving a stepout (Fig. 4). Stepout is the worst solution considering the lignite lost and the limited increase of failure resisting forces due to the lignite low bulk density.
- Failure unloading and constructing a stabilizing berm at the slope toe (Fig. 5).

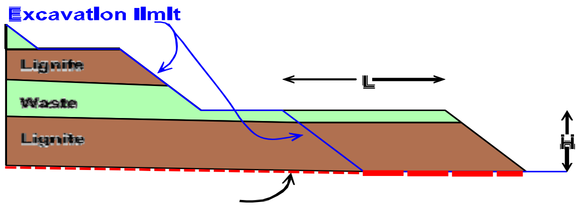


Figure 4 Leaving a stepout

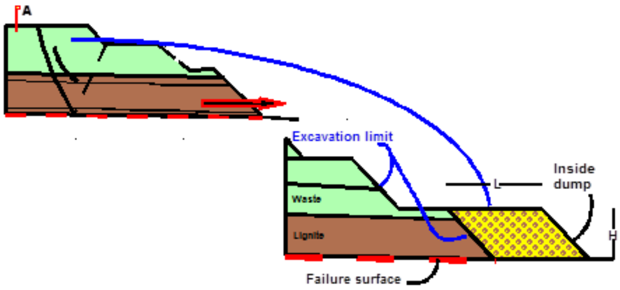


Figure 5 Failure unloading and constructing a stabilizing berm at the slope toe with the material from unloading

Artificial support (nails, cables etc.) is not suitable for the large scale of the mining slopes because of cost and safety issues.

The slope kinematics for rim slope stability

The slope kinematics together with the proper stability calculations can be used to distinguish a failure being in the collapse or retrogressive stage. When mining in the front of a retrogressive failure, the slope maximum displacement velocity must be determined to avoid the transition from retrogressive to progressive failure. Mining is suspended when the velocity exceeds this level. The modeling of the retrogressive failure can be used for optimization of mining / suspension periods. It can be proved that keeping this maximum displacement velocity to a lower level, more time is given to excavators to mine in the front of the failure (Fig. 6).

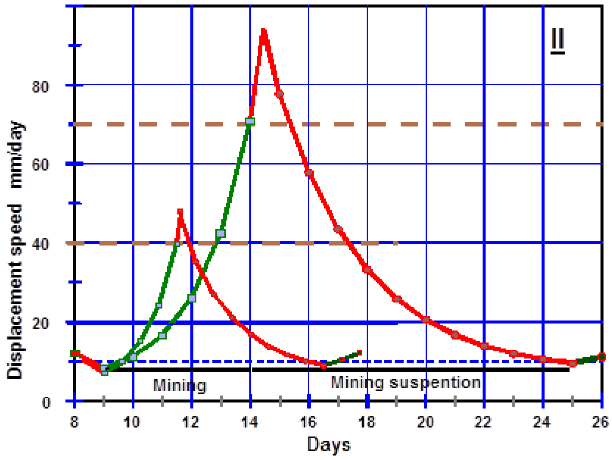


Figure 6 Keeping the maximum displacement (A) velocity to a lower level

Stabilization using the inside dump

Generally, the most effective method to stabilize and work safely with failing slopes in the lignite mines, is the proper use of the mine inside dump of the waste materials.

The requirement of this method is to keep the width of the fully excavated unstable slope as small as possible (about the height of the slope) and the support of the slope is provided from one side by the advancing excavation benches and from the other by the advancing inside dump (Fig. 7). The stability problem is three dimensional.

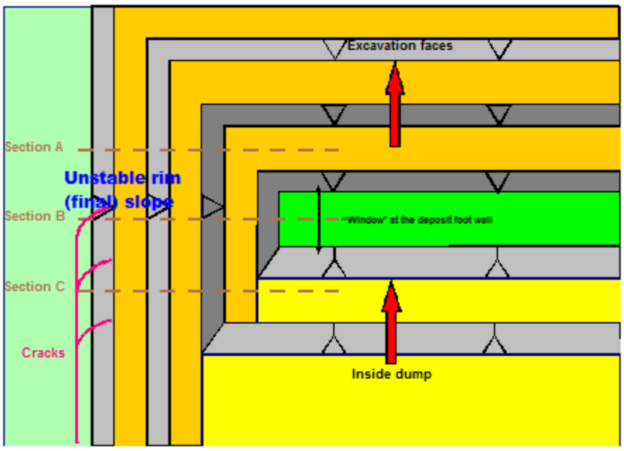


Figure 7 Stabilization using the inside dump

6 Dump slopes

In most cases, if all the single phase (bench) dumps, which form a high multi-phase dump, are operated without any sign of instability then the high multi-phase dump would be stable (5, 7). One exception is failure of dump foundation, a problem that arises when the foundation include softer materials such as a normally consolidated clays.

First step: define by on-site testing the Critical Dump Height

What is happening with increasing dumping height for fine grain materials, is shown in Fig. 8: when the dump height exceeds a specified value (H2, usually called "critical height"), the material begins to flow at the toe ('tongues') while the top settles.

In an effort to compensate for the level drop, more and more material is deposited at the same point. Eventually, when the moving dump toe encounters or develops a reaction, there will form a stable curved slope in contrast to the rectilinear slope established up to the height H2 (Fig. 8).

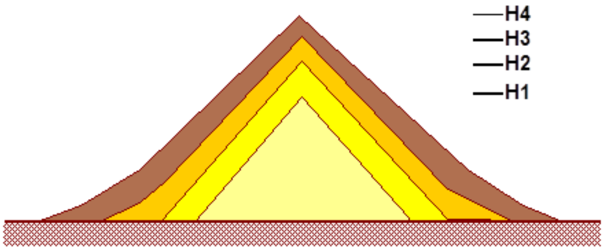


Figure 8 Critical dump height

The cause of this behaviour can be explained as follows:

a. The height increase causes higher PWR at the dump base
b. The induced movements correspond essentially to shear induced PWP.

The insistence to operate with 'tongues' have long term consequences: on the base of the dump a fluidized material worsens the stability for the subsequent phases that are placed on this soft layer. If you continue to operate a non moving spreader from a higher than the 1st phase dump, you provoke a failure to the lower phases and jeopardizing the whole high dump stability. To avoid such an operation, the following solutions may be applied:

- Reduce the height of the dump to the critical
- If the dumping face is long enough, move the dumping point

periodically to allow for water over pressure to relief (dump more materials after water over pressure dissipation).

Dump height reduction

To stabilize the overall dump slope, split the dumping procedure: stay below the critical dump height. Smooth the various slopes (Fig. 9).

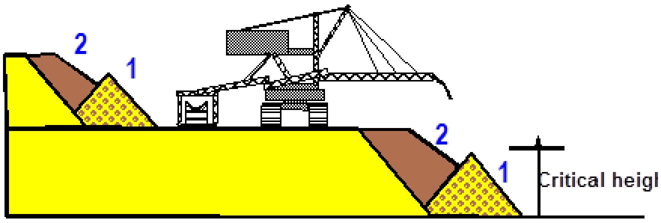


Figure 9 Dump height reduction

Dump height reduction can be done using ancillary equipment (Fig. 10).

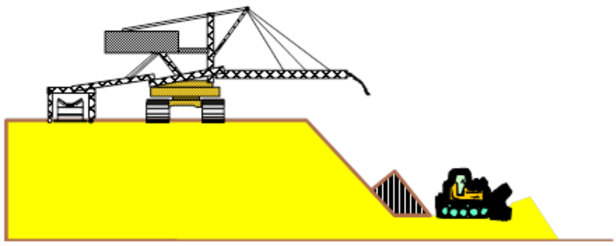


Figure 10 Dump height reduction using ancillary equipment

Another method for decreasing the dumping height is to place the spreader at a lower bench (Fig. 11).

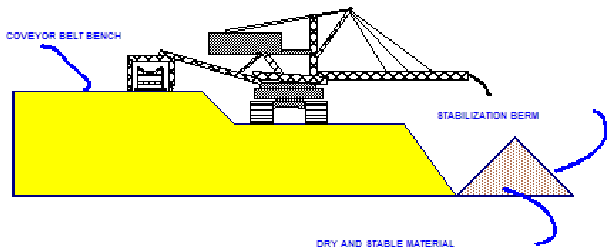


Figure 11 Decreasing the dumping height placing the spreader at a lower bench

Dump foundation improvement

Low strength material must be removed at the dump base for dump

foundation improvement (Fig. 12).

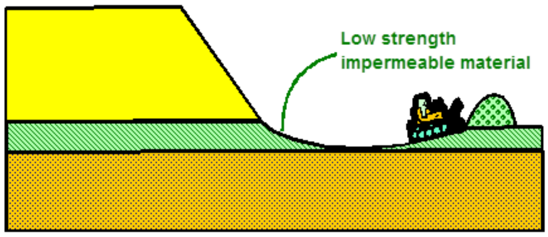


Figure 12 Dump foundation improvement. Low strength material removal at the dump base for dump foundation improvement

Accelerating excess PWP dissipation can be achieved by

- Selective and controlled permeable material deposition (Fig. 13).
- Draining ditches construction at the dump base (Fig. 14).

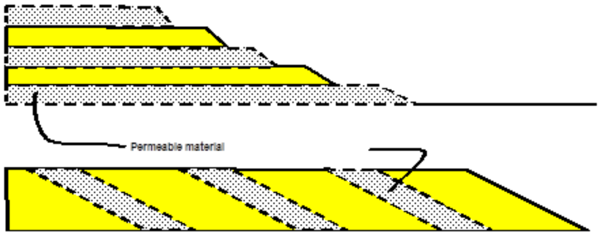


Figure 13 Accelerating excess PWP dissipation. Selective and controlled permeable material deposition

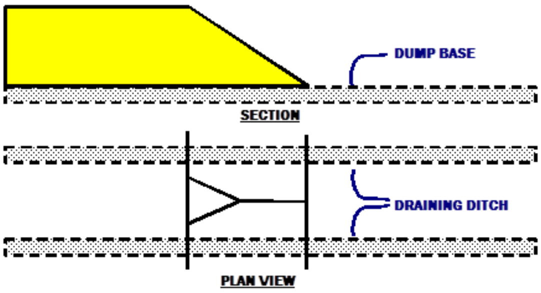


Figure 14 Accelerating excess PWP dissipation. Draining ditches at the dump base

Failure containment

The simplest method for failure containment is the berm construction using ancillary equipment (Fig. 15). For an internal dump the lowest BWE can be used digging in the lignite footwall.

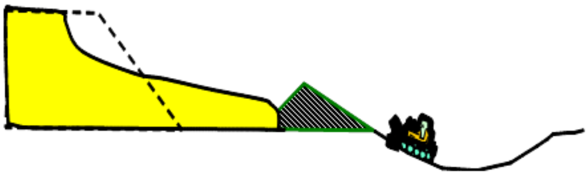


Figure 15 Failure containment. Berm construction using ancillary equipment

For more serious conditions (overall dump material outflow), berm construction is performed using shovel & truck operation. In this case, stability calculations must be performed for an adequate berm height determination (Fig. 16, 17)



Figure 16 Failure containment. Berm construction using shovel & truck operation. Dump material flows over the berm. Unsuccessful operation due to low berm height



Figure 17 Failure containment. Berm construction using shovel & truck operation. Berm with adequate height.

References

1. Leonardos M. & Terezopoulos N.: Determination of the occurrence time of the collapse of a landslide in rim slopes of deep lignite mines, Mineral Resources, 124 pp. 7 -18 (in Greek), 2002
2. Leonardos M. & Terezopoulos N.: Rim slope failure mechanism in the Greek deep lignite mines-a case study, IMM Mining Technology, vol. 112, no. 3, 197-204 pp., Maney Publishing, 2003
3. Leonardos M.: Rim slopes failure mechanism, kinematics and remedial measures in the Greek deep lignite mines, Advances in Mineral Resources Management and Environmental Geotechnology, Hania, Greece, 2004
4. Leonardos M.: Rim slopes failure mechanism, kinematics and remedial measures in the Greek deep lignite mines, MAREN 2011, 8-11, Lazarevac, Serbia, 2011
5. Leonardos M.: Lignite Mines Dumps Stability - Principles and Case Studies from the Greek Lignite Mines, COAL 2011, Zlatibor, Serbia, 2011
6. Leonardos M.: Rim slopes failure mechanism and kinematics in the Greek deep lignite mines, 12th International Symposium Continuous Surface Mining, Aachen, Germany, 2014
7. Leonardos M.: Lignite Mines Dumps Stability - Principles and Case Studies From the Greek Lignite Mines, 13th International Symposium Continuous Surface Mining, Belgrade, Serbia, 2016
8. Leonardos M., Seminar Notes, Part I: Soil Mechanics Basics, Part II: Slope Kinematics in the Lignite Mines, Part III: Introduction to Stability of Dumps of the Mining & Metallurgical Industry, Part IV: Operation Instructions for BW Excavators in Difficult Conditions, Part V: Operation Instructions for Spreaders in Difficult Conditions, March 2017, 182 p, Staff training, PPC, Athens, Greece (in Greek)

RAZVOJ INŽENJERINGA U EFT RUDNIK I TERMOELEKTRANA STANARI

ENGINEERING DEVELOPMENT IN EFT MINE AND POWER PLANT STANARI

Lončar S.[1], Starčević Ž.[2], Stanojević Ž.[3]

Apstrakt

Kada se ukazala potreba za produžetkom BTO sistema odnosno nabavkom novih transportera izvršena je analiza ponuda renomiranih proizvođača rudarske opreme kao što su KRUPP, TAKRAF, FAM i SANDVIK i došlo se do zaključka da su ponuđene cene vrlo visoke. Na osnovu činjenice da su u prethodnom periodu u sopstvenoj režiji uspešno izvršene brojne modifikacije i usavršavanja rada opreme BTO sistema rukovodstvo EFT je donelo odluku da formira razvojni tim inženjera i pristupi samostalnom projektovanju transportera sa trakom. U ovom radu su opisane aktivnosti na izradi idejnog rešenja, projektne dokumentacije za izradu transportera sa trakom, razradu radioničkih crteža i način realizacije projekta.

Ključne reči: Razvoj inženjeringa, kapacitet, projektovanje, montaža

Abstract

Facing the fact that the existing ECS system required the supply of new

[1] Stevan Lončar, EFT - Rudnik i termoelektrana Stanari, Stanari
[2] Željko Starčević, EFT - Rudnik i termoelektrana Stanari, Stanari
[3] Željko Stanojević, EFT - Rudnik i termoelektrana Stanari, Stanari

belt conveyors, EFT has reviewed all the Bids submitted by well-known manufacturer of mining equipment such as KRUPP, TAKRAF, FAM and SANDVIK but found them to be too expensive. Since the EFT engineers independently managed to perform numerous modifications and enhancement of ECS system operation in previous period proving to be reliable experts, EFT management decided to assign the team of engineers to implement the belt conveyor project. This paper shall develop the activities on Concept Design, project documentation for belt conveyor engineering, manufacturing sheets planning and method of project implementation.

Key words: Engineering development, capacity, design, assembly

1. Istorijat nastanka projekta

Nakon dobijanja koncesije za eksploataciju uglja na eksploatacionim ležištima Stanarskog basena u maju 2005. godine, započete su aktivnosti na kompletnoj sanaciji i modernizaciji rudnika. Pre ulaska EFT u rudnik Stanari stanje površinskog kopa je bilo izuzetno teško bez rezervi otkrivenog uglja, sa devastiranom opremom BTO sistema i bez sopstvene pomoćne i diskontinualne mehanizacije. Da bi se moglo nastaviti sa radom bilo je nužno izvršiti kapitalni remont BTO sistema i nabaviti potrebnu pomoćnu i osnovnu mehanizaciju za diskontinualnu tehnologiju otkopavanja uglja i otkrivke.

Nakon nabavke pomoćne mehanizacije i tehnološke stabilizacije eksploatacije nastavilo se sa rekonstrukcijama i osavremenjavanjem opreme BTO sistema. Tokom vremena primljen je velik broj mladih inženjera koji su u saradnji sa starijim iskusnim kolegama sticali znanja i iskustva o funkcionisanju opreme BTO sistema kroz izvođenje radova na rekonstrukcijama osnovne opreme BTO sistema.

Uslovi u ležištu uglja Stanari su takvi da će se potrebne količine uglja obezbeđivati sa četiri površinska kopa koji se sukcesivno otvaraju u delovima ležišta koji se postepeno udaljavaju od termoelektrane.

Da bi se razvoj eksploatacije mogao realizovati u skladu sa potrebnim količinama otkopane otkrivke planirana je fazna nabavka nove rudarske opreme za otkopavanje, transport i odlaganje otkrivke. U prvoj fazi nabavke nove opreme za kontinualnu tehnologiju bilo je potrebno nabaviti tri nova transportera sa trakom. Tokom procesa nabavke novih transportera neophodnih za nastavak otkopavanja otkrivke na površinskom kopu Kop 2 na osnovu dugoročnih planova razvoja, zaključen o je da bi novi transporteri trebali da zadovolje tri slučaja u

kojima će biti upotrebljeni, a to su:

- Rad uz rotorni bager C700 sa kapacitetom Qt = 2200 m^3/h
- Rad uz novi rotorni bager sa kapacitetom Qt = 4000 m^3/h

Na osnovu ulaznih parametara proizilazi da izabrani transporter treba imati teoretski kapacitet veći od Qt = 6200 m^3/h što je moguće obezbediti transporterima sa trakom širine 1600 mm.

Analizom tržišta i ponuda proizvođača rudarske opreme, zaključeno je da je cena za transportere veoma visoka pa je doneta odluka da se transporteri izgrade tako što bi se sopstvenim snagama izvršilo projektovanje, izrada detaljnih radioničkih crteža za čeličnu konstrukciju i izbor gotovih podsklopova od poznatih proizvođača rudarske opreme sa kojima postoje pozitivna iskustva u prethodnom periodu prilikom revitalizacije i modernizacije postojećeg BTO sistema. Odluka je doneta na osnovu procene da postojeći inženjerski kadar ima dovoljno znanja i iskustva za realizaciju ovog projekta. Nakon formiranja tima za izradu projektne dokumentacije pristupljeno je nabavci računarske opreme, neophodnih softverskih paketa programa i opremanju prostorije za rad.

Potrebno je istaći da je ovo prvi put u okruženju da se za realizaciju ovakvog projekta u potpunosti pristupilo angažovanjem sopstvenih kadrova.

Zvanično Projekat izrade transportera sa trakom započinje izradom projektnog zadatka i odlukom da se projektu pristupi angažovanjem vlastitih resursa. Projektni zadatak je izrađen na bazi podloga iz dopunskog rudarskog projekta i informacija i iskustava stručnih službi o raspoloživosti i aktulenim trendovima tehnike u Evropi za oblast transportera na površinskim kopovima.

Paralelno sa tim aktivostima ugovoreni su i nabavljeni licencirani sofveri CAD Invertor, Rebuild i Simatic, tako da su inženjeri mašinstva, građevine i elektro tehnike dobili moćne alate za izradu detaljnih projekata.

Osnovne tehničke karakteristike izgrađenih transportera sa trakom su:

• Kapacitet transportera	Q = 4000 m^3/h
• Širina transportne trake	B = 1600 mm
• Brzina maksimalna	v = 5,2 m/s
• Snaga maksimalna	4*400 kW
• Zatezni put kolica	8 m
• Frekvento regulisani pogoni	
• Traka sa čeličnim kordom	ST2000 12/6 W

Paralelno sa razvojem projektnih aktivnosti izvršena je procena i

odabir lokalnih podizvođača za izradu čelične konstrukcije, a takođe i izbor i ugovaranje gotovih podsklopova kao što su reduktori, motori, energetski i upravljački moduli.

- Ferrostil Mont Prnjavor - izrada čelične konstrukcije
- STIEBEL Naescher-Nemačka - reduktori
- Simens, ABB, Schneider, Rittal-EU - elektrooprema
- Rullmeca - noseće i povratne rolne
- Continental- Kolubara Univerzal-Srbija - gumena traka sa kordom od čelične užadi
- Martin, brisači transportera
- Giter Roste, Nemačka

2. Bazni inženjering

U baznom inženjeringu su riješena osnovna pitanja koja se odnose na:

- Kapacitet transportera
- Proračun snage
- Izbor transporte trake
- Izbor pogonskih agregata
- Izbor bubnjeva
- Izbor rolni
- Način zatezanja i dužina hoda kolica
- Opterećena koja utiču na konstrukciju
- Sklopni crteži
- Plan ankerisanja
- Jednopolne šeme
- Kablovske trase
- Proračuni pada napona
- Izbor kablova
- Kapacitet transportera
- Proračun snage
- Izbor transporte trake
- Izbor pogonskih agregata
- Izbor bubnjeva i rolni
- Upravljački diagrami
- Uklapanje u postojeći sistem upravljanja
- Izbor PLC
- Vizuelizacija putem HMI panela
- Video nadzor
- Pogonski motori, naponski nivoi
- Termičke zaštite
- Kontrolno zaštitna oprema
- Specifikacija elektro opreme

Proračun i konstrukcija transportera je u potpunosti u skladu sa Nemačkim standardom DIN 22101.

2.1. *Kapacitet transportera*

Ukupna površina poprečnog preseka transportera se izračunava na sledeći

način

$A_{th} = A_{1th}+A_{2th}$

gde je:

$$A_{1th} = (l_m + (b - l_m)\cos\lambda)^2 \frac{\tan\beta}{4}$$

$$A_{2th} = (l_m + \frac{b-l_m}{2}\cos\lambda)\ \frac{b-lm}{2}\sin\lambda$$

Za smanjenje kapaciteta transportera zbog ugla uspona korišten je faktor umanjenja 0,82.

Kapacitet iz jednačine kontinuiteta:

$$Q = A \cdot v \quad \left[\frac{m^3}{h}\right]$$

2.2. *Proračun snage*

Proračun snage se u suštini zasniva na određivanju otpora kretanja i gubicima energije.

Otpori kretanja i gubici energije

Za transportere otpor kretanju posmatra se kao suma svih otpora trenja i inercijalnih otpora. Nemački standard DIN 22101 deli otpore na primarne, sekundarne i specijalne.

F_p - primarni otpor, otpor kretanju ležajeva, trenje zaptivki, otpor trake kod savijanja, otpor između rolni i trake uključujući i progibe trake. Oni se generišu po dužini transportera.

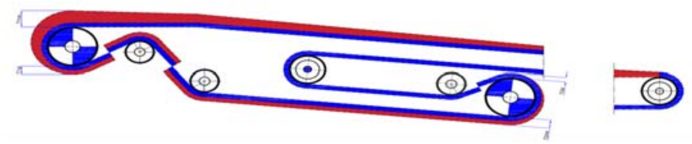
F_s - sekundarni otpor, otpori inercije, trenja materijala na presipnim mjestima, trenje trake od prevojne bubnjeve. Sekundarni otpori se pojavljuju na pojednim mjestima na transporteru.

F_{sp} - specijalni otpori, usmjeravajuće rolne, brisači, pretovarna kolica.

F_{nag} - pomena otpora čiji smjer zavisi od nagiba transportera.

Tako da je ukupan otpor jednak ukupnoj tangencijalnoj sili predanoj na pogonskom bubnju i izveden je iz zbira svih otpora prema sledećem obrazcu: $F_{uk} = F_p+F_s+F_{sp}\pm F_{nag}$.

Koristeći ove obrasce nacrtan je dijagram otpora po dužini tranportera (Slika 1).



Slika 1. Dijagram naprezanja na pogonskoj stanici

Za dobar start i zaustavljanje transportera pored snage pogona važna je i sila trenja između transportne trake i pogonskog bubnja. Koristeći Ojelerov obrazac,

$$\frac{F_{nai}}{F_{sil}} \leq e^{\mu\alpha}$$

Tako da je $F_{uk} = F_{nail} - F_{sil,}$

Za ugao obuhvata na pogonskom bubnju 210° i koeficijent trenja μ=0,3 vlažni uslovi rada obično se usvaja koeficijent 3 za proračun višemotornih pogonskih jednica.

Progib trake između rolne izračunava se na sledeći način:

$$h_{pr} = \frac{(m_{tr}+m_{mat})g * l_{rol}}{8 * F_{nail}} \leq 0,01$$

gde je: F_{nai} - nailazna sila na pogonski bubanj
m_{tr} - masa trake
m_{mat} - masa materijala
l_{rol} - rastojanje između gornjih rolni

Snaga pogonskog agregata

Nakon izračunavanja vrijednosti F_{uk} pomoću sledećeg obrasca e izračunava snaga:

$$P = F_{uk} * v.$$

Snaga na vratilu elektro motora je:

$$P_{EM} = \frac{P}{\eta}$$

gdje je: η - koeficijent efikasnosti pogona

2.3. *Izbor transportne trake*

Sa poznatom snagom pogona, brzinom trake i dužinama trasportera izračunata je sila u traci. Pristupilo se analizi prednosti i mana transportnih traka:

- EP jednosavnija izrada spoja - kraće vrijeme zastoja,
- ST manje izduženje - kraći put zatezanja.

Na osnovu mana i prednosti izabrana je transportna traka:

ST2000 12/6 W, širine 1.600mm prema standardu DIN 22131,

Prilikom izbora trake korišteni su standardni stepeni sigurnosti kod odnosa maksimalne radne sile i prekidne sile za traku.

2.4. *Izbor pogonskih agregata*

Pogonski agregati su izabrani iz kataloga poznatog Njemačkog proizvođača Stiebel tip:

- A_H400.072.230K3E3533,
- Snaga:400kW,
- Broj obrtaja izlaznog vratila: 72 min^{-1},
- Prečnik izlaznog vratila: 230 mm,
- Napon 690 V, frekventno regulisan,
- Kočnica sa disk pločicama,
- Elastična spojnica,
- Postolje sa momentnim osloncem,
- Prirubnica za vezu sa bubnjem vezana steznim prstenom.

2.5. *Izbor bubnjeva*

Kod izbora bubnjeva korištene su preporuke DIN standarda i izabrani za klasu veći prečnici od minimalih iz preporuka. Kod dimenzionisanja bubnjeva korištene su sile u traci i obuhvatni uglovi koji su ranije izračunati u okviru baznog inženjeringa.
Pogonski bubanj prečnika Ø1400 Njemačkog proizvođača Nescher, oznaka E 78 730. Osali bubnjevi Njemačkog proizvođača Rullmeca sledećih oznaka:

- UTN 1000x1900/2400 (povratna stanica i zatezana kolica)
- UTN 800x1900/2400 (za povećanje obuhvatnog ugla)

2.6. *Izbor rolni*

Na osnovu opterećenja na transporteru, mase trake, mase tereta, progiba između rolni na traci. Izračunata su međusobna rastojanja rolni. Prilikom izbora rolni osnovna ideja za izbor je bila:

- Pouzdanost u radu
- Jedostavna i brza montaža
- Dobra integracija sa osnovnom konstrucijom
- Mogućnost isključenja u toku smjene bez zastoja sistema
- Maksimalan stepen unifikacije
- Minimalna nivo buke
- Dinamička uravnoteženost

Izabrana je koncepcija gornje rolne sastavljene u girlandu sa tri rolne pod uglom 40°, donje rolne pod uglom od 10° i na povratnim stanicama („amortizacione“) peto-dijelne girlande obložene gumenim prstenovima i sa jakim ležajevima. Dobra iskustva sa rolnama isporučenim od Njemačke firme Rullmeca za sistem B=1400mm bila su dominantna za izbor proizvođača rolni. Izabrane su rolne sa sledećim

oznakama:

- GS3/1600 E HDR DSK 50FK 159N 600/660/700-6310, Gornje girlande
- GS2/1600 E PSV/7 BCD 40K 194/133NB2 900/940/972-6308, Donje girlande
- GS5/1600 SR HDR+DSK 65F-K 245/159NA 315/375/425-6312, Amortizacione

2.7. *Način zatezanja i dužina hoda kolica*

Na osnovu dijagrama sile, opterećenja na bubnjevima, koeficijenta izduženja trake, izabran je način zatezanja trake sa zateznim kolicima koje se kreću po šinama. Dužina zateznog puta L = 8 m. Brzina kretanja kolica 1m/min. Pogon kolica je izveden preko motor-reduktora SEW Euro Drive koji ima integrisanu i kočnicu. Tip pogona: PHF042/TKF97DRN160M4/BE20.

Na opemu je ugrađen digitalni dinamometar koji radi u sistemu kao davač signala u povratnoj sprezi i na taj način obezbeđuje pravilnu silu zatezanja trake.U vrijeme kada transporter stoji traka se rasterećuje vraćanjem sile zatezanja na nižu vrijednost.Prije starta glavnih motora programski prvo ide faza zatezanja transportera.

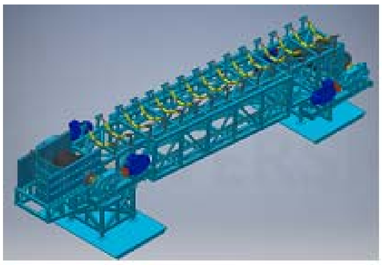
2.8. *Opterećanja koja utiču na konstrukciju*

Izbor kombinacije opterećanja izvršen je prema EURO CODU 3 prikazanom listingom na Slici 1.

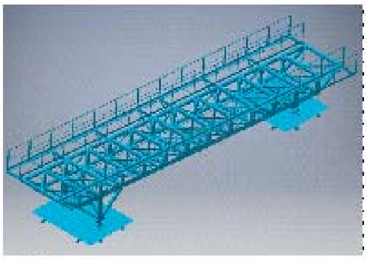
Case	Label	Case name	Nature
1	DL1	Sopst. težina	Structural
2	LL1	Korisno	Category A
3	DL2	Stalno oprema	Structural
4	DL21	Snijeg	Snow H<1000 m abo
6	LL2	I Normalan rad transportera	Category A
7	AC1	II Zaustavljanje sistema	accidental
8	AC2	III Zatrpavanje materijala	accidental
9	AC3	IV Pucanje trake	accidental
10	DL11	Temperatura -25C	temperature
11	DL111	Temperatura +45C	temperature
16	AC4	V Pomjeranje pogonske stanice	accidental
17	WIND2	Vjetar X+ 20 m/s	wind
18	WIND3	Vjetar X- 20 m/s	wind
19	WIND31	Vjetar X+ 30 m/s	wind
20	WIND4	Vjetar X- 30 m/s	wind
21		ULS	
22		ULS+	
23		ULS-	
24		SLS	
25		SLS+	
26		SLS-	

Slika 1. Listing kombinacije opterećenja prema EURO CODU 3

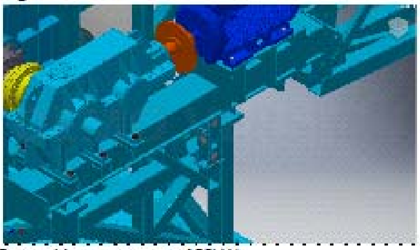
3D modeli su bili osnova za statičke proračune.



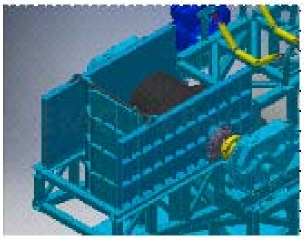
Pogonska stanica



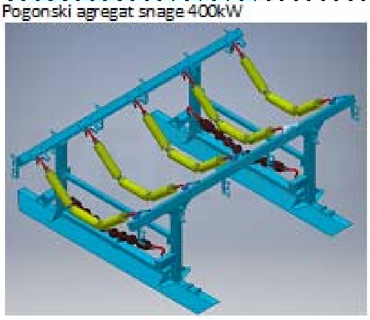
Kosi članak



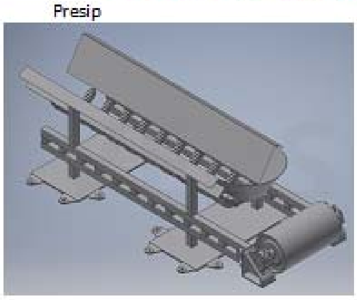
Pogonski agregat snage 400kW



Presip



Normalna sekcija



Povratna stanica

3. Detaljan inženjering

Bazni inženjering je dao neophodne podloge za statičke proračune konstrukcije i optimizaciju pojedinih tehničkih rešenja. Izračunavanje kombinacija opterećenja izvršeno je u baznom inženjeringu.

Izrada statičkog modela

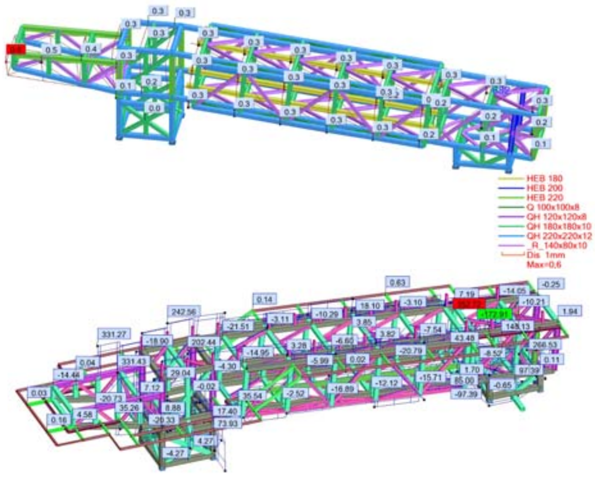
Prvobitni statički model brzo je pretvoren u 3D model. Takav model dao je ozbiljne podloge za detaljnu strukturalnu analizu konstrukcija.

Statička analiza je korišćena u ranoj fazi baznog inženjerinaga da bi izabrali vrstu konstrukcije. Razmatrane su monolitne grede koje su jednostavnije za proizvodnju i rešetkaste konstrukcije koje su laganije.

Nakon ispitivanja na statičkom modelu monolitnih greda i

rešetkaste konstrukcije, težina konstrukcije dala je prednost rešetkastoj konstrukciji koja je i izabrana za dalju razradu.

Zbog obimnosti materijala ilustrovaćemo samo deo statičkog proračuna čelične konstrukcije koji je urađen po dva kriterijuma EUROCOD 3 (teorija graničnih stanja) i JUS - teorija dopuštenih napona.



Slika 4. Prikaz napona na modelu

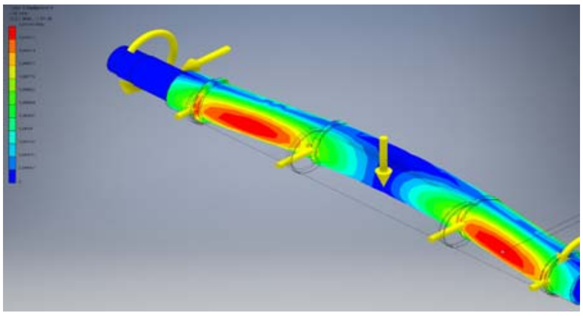
Nakon optimizacije konstrukcije izračunate su težine koje su predstavljene tabelarno na Slici 5.

Section	Group	Protection	Weight (kG)
HOP 220x220x12,5	težina	C4	13428,02
HOP180x180x10	težina	C4	10781,50
HEB 180	težina konstr	C4	1322,99
HEB 220	težina konstr	C4	1631,90
U 140	težina	C4	923,18
LU 130x65x8	težina	C4	1174,85
HOP 140x80x10	težina	C4	7119,70
Total			36382,14

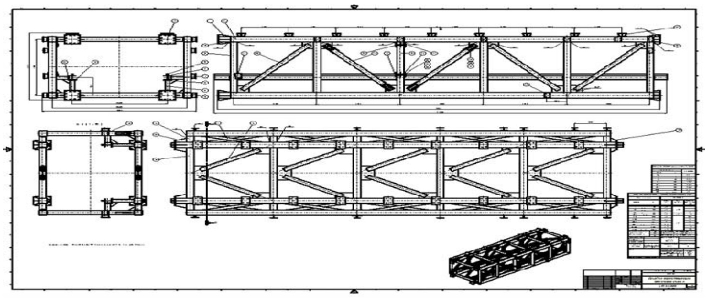
Slika 5. Izračunate su težine

Kao materijal za osnovnu konstrukciju korišten je konstrukcioni čelik oznaka S 355 J2 (DIN EN10025-2) prema klasifikaciji broj materijala 1.0577.

Mašinska oprema prošla je analizu na opterećenje što je ilustrovano nma Slici 6 primerom vratila vitla za zatezanje trake. Na Slici 7 prikazana je osnova metode konačnih elemenata.



Slika 6. Analizu na opterećenje mašinske opreme



Slika 7. Metoda konačnih elemenata

Paralelno sa izradom radioničkih crteža sa proizvođačima mašinske opreme razmenjivani su crteži i usaglašavanje veza sa konstrukcijom. Tek nakon usaglašavanja svih detalja crteži su overavani i time su aktivirani nalozi za proizvodnju opreme.

U toku projektovanja posebna pažnja posvećena je:

- sigurnosti osoblja
- jednostavnosti upravljanja
- sistemu sigurnosti opreme
- pouzdanosti
- budućem održavanju
- nivou buke
- dijagnostici i monitoringu opreme
- elektronsko dokumentovanje poremećaja u radu
- energetskoj efikasnosti

Prilikom izrade konstrukcije težnja je bila da se koristi što više standardnih elemenata.

Završena je kompletna radionička dokumentacija (crteži, liste sastavnih elemenata) definisana površinska zaštita. Nakon toga je ugovorena izrada konstrukcije u lokalonoj fabrici koja ranije nije radila na poslovima proizvodnje rudarske opreme.

3.1. *Proizvodnja čelične konstrukcije*

Korišćena su višegodišnja iskustva stečena na održavanju opreme. Od strane predstavnika EFT, u toku proizvodnje delova čelične konstrukcije konstantno su vršene kontrole kvaliteta uz povremeno angažovanje specijalističe firme za ispitivanje zavarenih spojeva. Najmanje dva puta mesečno održavani su radni sastanci sa osnovnom temom: problematika u proizvodnji, usaglašavanje tehnologije i česte međufazne kontrole.

Sukcesivni prijem zavšene konstrukcije ugovoren je tako da proizvođač ne zatrpava krug fabrike gotovim proizvodima i da ima stalni priliv sredstava za isporučenu robu a kupac radi poslove montaže paralelno sa proizvodnjom opreme.

3.2. *Elektro oprema*

Izrada detaljnih elektro šema, proračuni, montaža komponenti u ormare i montaža ormara u gotove kontejnere kao i kompletno kabliranje, programiranje PLC, podešavanje frekventnih regulatora i druge opreme uz funkcionalne probe i probni rad izvršeno je sopstvenim snagama.

Kod izbora elektro opreme ulazni zahtevi bili su:

- Zahtevana nazivna snaga 4*400 kW uz faktor preopterećenja u startu za 2,5
- Mogućnost regulacije promene brzine trake
- Modularnost pogona
- Nezavisan rad sa 1, 2, 3 ili 4 pogona zavisno od potrebe
- Ublažavanje efekata sredine, prašina, vibracije
- Daljinsko upravljanje i nadzor
- Korišćenje dostupnih i tehnološki naprednih signalno sigurnosnih uređaja
- Uklapanje novih transportera u postojeći sistem transportera
- Vizuelizacija procesa preko SCADA sistema
- Videonadzor kritičnih mjesta

Usvojen je koncept koji je podrazumevao odvojen kontejner za smještaj elektro opreme kako bi se rasteretila konstrukcija pogonske stanice i samim tim uradile dodatne optimizacije čelične konstrukcije. Optimizacijom rasporeda opreme i povećanje manipulativnih sposobnosti kontejnera došlo se do rešenja sa dva kontejnera za smještaj opreme. Jedan kontejner predviđen za smještaj Srednjenaponske (SN) elektro opreme i jedan kontejner predviđen za smještaj niskonaponske (NN) elektro opreme. Kontejneri su smešteni na sanke zbog mogućnosti

kasnijeg pomijeranja i premiještanja na druge lokacije.

SN kontejner opremljen je sa:

- Srednjenaponskim ćelijama 6 kV - 5 komada
- Dva uljna hermetički izolovana energetska transformatora
- Lokalnog ormara za upravljanje i nadzor u kojem je ugrađen PLC S7 1200
- Kao takav SN kontejner na sankama čini nezavisnu celinu

NN kontejner je opremljen sa:

- Transformatorom kućne potrošnje 160 kVA prenosnog odnosa 690/400 V
- Razvodom sopstvene potrošnje 400, 230 V
- Ispravljačkim ormarom i baterijama za neprekidno napajanje
- Motornim razvodom sa frekventnim regulatorima 560 kW glavnih pogona
- Motornim razvodom pogona zatezanja trake sa frekventnim regulatorom 45 kW
- Upravljačkim ormarom sa PLC
- Ormar pomoćnog NN razvoda
- Klima uređajem

Elektro oprema pogonske stanice i transportera

Pogonska stanica opremeljena je sa:

- Ormarom za pomoćni NN razvod i razvod rasvete
- Ormarom za koncentraciju signala i informacija sa pogona
- Pogonskim motorima transportera
- Pogonskim motorom zatezanja trake
- LED rasvetom
- Senzorima zategnutosti trake i zapunjenosti presipa
- Senzorima položaja kolica za zatezanje trake, bočnog skretanja trake, nužni stopovi i potezni prekidači.

Trasa transportera opremeljena je sa:

- Ormarima pomoćnog razvoda opremljenih sa ET 200 modulima
- Potezni prekidači
- Senzori pocepanosti trake
- Signalne sirene i svetiljke
- LED rasvjeta
- Kamere za nadzor rada

3.3. *Upravljanje i komunikacija*

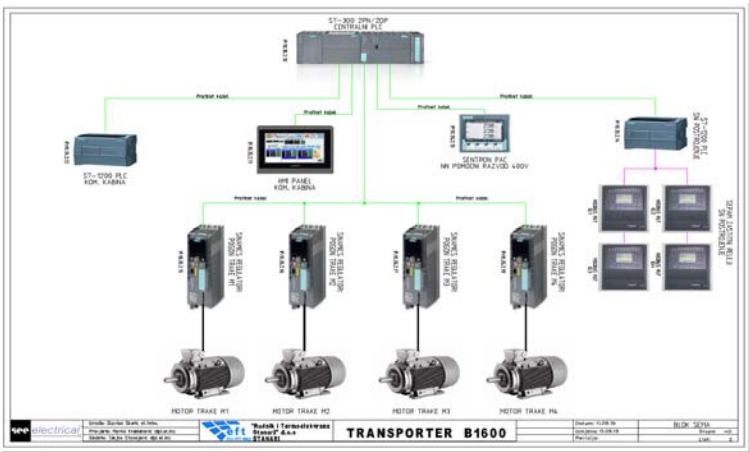
Upravljanje transporterima je izvedeno uz pomoć PLC SIEMENS S7-

1500. Frekventni regulatori i ormari koji su opremljeni sa ET-200 modulima povezani su sa PLC, PROFINETOM sa MM optičkim kablovima (Sliak 8).

Međusobne veze između kontejnera i dispečera ostvarene su SM optičkim kablovima.

Dispečerski centar opremljen je sa klijentskom radnom stanicom koja stanje sistema prikazuje preko nekoliko monitora. Komunikacija klijentske radne stanice odvija se preko optičkih kablova sa redudantnim parom servera koji su smešteni na dve odvojene lokacije sa nezavisnim besprekidnim napajanjima za povećanje stabilnosti sistema upravljanja.

Princip regulacije brzine je fiksno zadavanje brzine transportera ili promenjiva brzina koja zavisi od kapaciteta bagera i visine materijala na traci, kao i ukupnog opterećenja transportera. Oba režima su sa kontrolom momenta po svakoj pogonskoj osovini pogonskog bubnja.



Slika 8. Blok šema upravljanja

4. Izrada trasa transportera i montažnih placeva

Istovremeno sa izradom čelične konstrukcije u vlastitoj režiji pripremljene su trase za montažu transportera kao i montažni placevi za montažu opreme. Za montaži plac izabrana je lokacija budućeg radnog mesta pogonske stanice. Skice montažnih placeva su definisane po konturama i specifičnim pritiskom na tlo koji je neophodan za stabilan rad. Montažni placevi su nasuti šljunkom, uvaljani vibro valjkom i zaštićeni kanalima od oborinskih voda.

5. Montaža opreme

Koristeći iskustva sa održavanja opreme i montaže opreme za dopremu uglja u krug TE pristupilo se montaži ove opreme. Najveća prednost ovakvog projektovanja se ogleda u tome što je kompletna tehnička dokumentacija dostupna i na raspolaganju. Ekipu za montažu sačinjavali su iskusni i novoprimljeni majstori. Većina novoprimljenih radnika je bila ispod 30 godina sa prethodnim iskustvom na različitim poslovima a bili su pod stalnim nadzorom inženjera koji su i projektovali pojedine delove konstrukcije.

Korišćene su dizalice nosivosti 25 i 50 tona, viljuškari *telehendleri* nosivosti 7 tona koji imaju mogućnost brze promene alata *vila* i korpe za rad na visini. Pokretne radionice opremljene dizalicama, kompresorom i pneumatskim alatima. Nakon završene montaže glavne i pomoće čelične konstrukcije nastavljena je ugradnja mašinske opeme a zatim elekto oprema i tako sukcesivno transporter po transporter.

Nabavljena je nova oprema za vulkanizaciju, izvšena obuka vulkanizera i nastavljeni poslovi na spajanju trake sa detaljnim vođenjem evidencije o spajanju trake.

6. Probe transportera

Po završetku projektovanja i izrade elemenata konstrukcije pristupili smo sklapanju, montaži i podešavanju elemenata takođe u sopstvenoj režiji koristeći postojeću opremu i mehanizaciju kao i potrebnu stručnu radnu snagu.

Probama se pristupilo nakon faze montaže kada su prvo ispitivani upravljački krugovi pa energetski deo, a na kraju pogonski agregati. Poseban akcenat je stavljen na upravljačke krugove. Nakon faze ispitivanja elektro opreme transporteri su pušteni u probni rad. Izvršene su korekcije kretanja trake, merenje temperature pogona, jačine struje, vibracija itd.

Kada su izvršene probe pojedinačnih transportera izvršena je integracija sistema u blokadu pa ispitivanje sistema u kompletu. Ovo je bio poseban izazov jer je završena kompletna dispečerizacija i povezana upravljačka oprema otpičkim kablovima sa dispečerskim centrom.

Nakon uspešnih proba sistema bez opterećenja i rada u blokadi izvršena je proba pod teretom kada su završena fina podešavanja sa promenjivom brzinom trake u funkciji kapaciteta.

7. Puštanje opreme u rad

Sva ispitivanja su pokazala dobre rezultate. Oprema je puštena u rad u planiranom roku i nalazi se u radu više od 3 meseca. Izgled tablice na pogonskoj stanici prikazan je na Slici 7. Vrši se posmatranje rada uz analizu svih parametara elemenata sistema transportera.

PROIZVOĐAČ OPREME..............................EFT

TIP OPREME..Transporter sa gumenom trakom

FABRIČKI BROJ...1

GODINA PROIZVODNJE..............................2017.

ŠIRINA GUMENE TRAKE..............................1600mm

BRZINA TRAKE...3,5-5,2 m/sek

BROJ POGONA...1-4

TEORETSKI KAPACITET................................4000m3/h(rasute mase)

KRUPNOĆA MATERIJALAmax. 600mm

Slika 9. Prikaz tablice na pogonskoj stanici

8. Zaključak

Tehnološki razvoj svake firme zasniva se na razvoju sredstava za proizvodnju a inovacijski procesi leže u osnovi tehnološkog razvoja. Osnovu razvoja, pored detaljnog planiranja i projektovanja tehnoloških procesa, čini razvoj sredstava za proizvodnju, što uključuje i znanje, iskustvo i uvežbanost proizvođača.

Osnova dugoročnog razvoja svake firme obezbeđuje se ulaganjem u kadrove, u obrazovanje i u primenu naučnih dostignuća iz različitih oblasti. Kadrovima treba stvoriti uslove za rad i obezbediti uslove za dodatno obrazovanje i usavršavanje.

Na primeru realizacije Projekta izgradnje transportera sa trakom može se videti da EFT primenjuje savremen način poslovanja i podstiče razvojne sposobnosti raspoloživih kadrova.

Tokom montaže transportera izvršena je i obuka rukovaoca i radnika koji će raditi na održavanju tokom eksploatacije.

Ukupna ulaganja za projektovanje, izradu i montažu su i do 50% niža od onih koja su dobijena ponudama od prozvođača rudarske opreme što je pokazalo da se primenom osnovnih principa razvoja, odnosno korišćenjeme sopstvenih ljudskih resursa, mogu ostvariti povoljni ekonomski efekti i povećati stepen efikasnosti radne snage.

ENERGETSKO PLANIRANJE I PREISPITIVANJE U POSTUPKU UVOĐENJA STANDARDA ISO 50001:2011 - UPRAVLJANJE ENERGIJOM U OGRANKU RB KOLUBARA, LAZAREVAC

ENERGY PLANNING AND REVIEW IN THE PROCEDURE OF IMPLEMENTATION ISO 50001: 2011 STANDARD - ENERGY MANAGEMENT IN COAL BASIN KOLUBARA, LAZAREVAC

Miladinović D.[1], Milijanović D.[2], Timotijević Z.[3]

Apstrakt

Procesu energetskog planiranja pristupilo se od strane Stručnog tima kao ključnoj aktivnosti na realizaciji projekta uvođenja sistema za upravljanje energijom u Javnom preduzeću Elektroprivreda Srbije, Ogranku RB Kolubara - Lazarevac, a u skladu sa Ugovorom o konsultantskim uslugama za uvođenje standarda ISO 50001:2011 - upravljanje energijom zaključenim sa konsultantom Tekon Tehnokonsalting d.o.o., Beograd. Dokumentovane informacije nastale iz procesa planiranja i preispitivanja predstavljaju rezultat prikaza šeste iteracije nadgradnje Izveštaja o energetskom preispitivanju u Ogranku RB Kolubara, koji je nastao analizom primarnih podataka koji se odnose na poslovnu funkciju, finansijske rezultate, menadžment investicijama i resursima i potrošnju energije i energenata u organizaciji.

Rad predstavlja specifičnu i detaljnu rekapitulaciju postupka energetskog planiranja i preispitivanja upotrebom alata kvaliteta,

[1] Miladinović Dragan, JP EPS, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[2] Milijanović Dejan, JP EPS, JP EPS, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[3] Timotijević Zoran, JP EPS, JP EPS, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac

inženjerskih metoda za unapređenje procesa rada i upotrebe metode za modeliranje procesa na osnovu standarda IDEF0, BPwin 4.1 CASE alat firme LogocWorks.

Ključne reči: Energetski menadžment sistem, enegetsko planiranje i preispitivanje, indikatori energetskih performansi

Abstract

The energy planning process has become a key activity in the implementation of the project for the implementation of the energy management system in the Public Enterprise Elektro Power of Serbia, the branch of RB Kolubara - Lazarevac, and in accordance with the Consulting Services for the Implementation of the ISO 50001: 2011 standard - energy management concluded with the consultant Tekon Tehnokonsalting d.o.o., Belgrade. Documented information generated from the planning and review process is the result of the sixth iteration of the upgrade of the Energy Audit Report in the RB Kolubara, which was created by analyzing the primary data related to business function, financial results, investment management and resources and energy consumption in organization.

The paper presents a specific and detailed recapitulation of the energy planning and review process using the quality tools, the engineering methods for improving the process of operation and the use of the method for modeling the process based on the standards IDEF0, BPwin 4.1 CASE LogocWorks tool.

Key words: Energy Management System, Enegy Planning and Reassessment, Energy Performance Indicators

1. Uvod

Sistem energetskom menadžmenta pred Organizaciju je postavio zahteve za ispunjenje konkretnih eksternih ciljeva za pridržavanje međunarodnog i domaćeg zakonodavstva i druge regulative, sigurnost kontinualnog snabdevanja energijom TE i eksternih potrošača, tako i internih za podizanje energetske efikasnosti, smanjenje potrošnje energije, smanjenje negativnog uticaja na ŽS, obezbeđenje komparativne prednosti na tržištu smanjenjem troškova poslovanja, ostvarenje održivog razvoja i društveno odgovorno poslovanje, poboljšanje radne efikasnosti i drugih.

Zakonom o efikasnom korišćenju energije, Sl.gl 25/13, privredna društva sa pretežnom delatnošću u proizvodnom sektoru, ukoliko koriste više od propisane vrednosti energije (2.500 toe, odnosno 29,08 GWh) na

najmanje jednoj lokaciji pripadaju skupu Obveznika SEM, tako da se od njih zahteva ispunjenje obaveze uštede primarne energije u iznosu od 1% na godišnjem nivou. Analizom relevantnih podataka o potrošnji električne energije došlo se do informacije da prosečna potrošnja u petogodišnjem intervalu od 2012. do 2016. godine iznosi oko 383,99 GWh, što određuje Organizaciju u status obveznika SEM.

Projektom implementacije sistema menadžmenta energijom (EnMS) je omogućeno da Ogranak RB Kolubara uspostavi EnMS i procese neophodne za poboljšanje energetskog učinka, uključujući i energetsku efikasnost, korišćenje i potrošnju energije. Osnovni cilj je da se uspostavljanjem monitoringa nad ključnim energetskim performansama dođe do primene najbolje prakse upravljanja energijom, uključi upotreba inženjerskih i menadžerskih alata za poboljšanje energetske efikasnosti u svim organizacionim celinama kako bi se pružile činjenične smernice najvišem rukovodstvu za sprovođenje logičkih koraka u procesu implementacije EnMS do sertifikacije, njegovog održanja i zatim unapređenja.

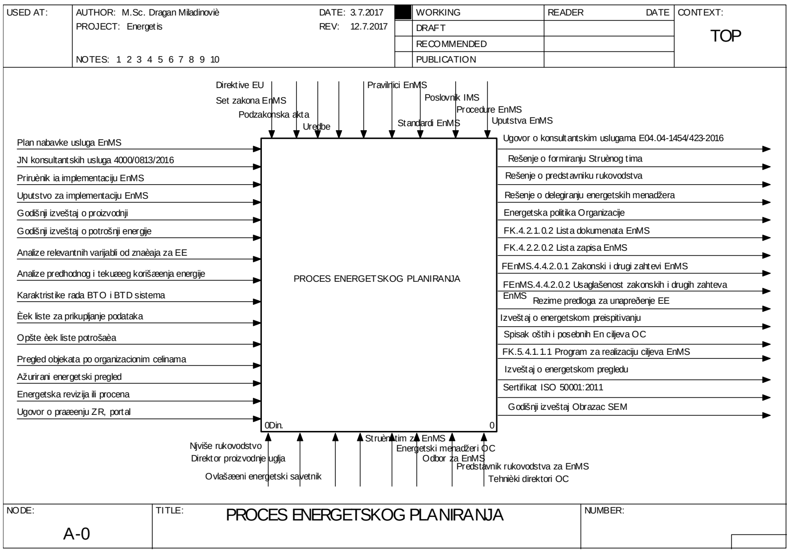
Tokom preispitivanja upotrbljeni su alati kvaliteta koji su danas dostupni u okviru postojećih modela upravljanja energijomšto je poslužilo za izradu Izveštaja o energetskom preispitivanju u kome su predstavljene relevantne oblasti sa fokusom na značajnu upotrebu energije. Utvrđivanjem konkretnih indikatora energetskih performansi, definisanjem energetske osnova - energetske poredbene vrednosti stvorena je osnova za definisanje opštih i posebnih ciljeva i izrađeni su početni akcioni planovi za njihovu realizaciju. Za posebnu detaljnu rekapitulaciju postupka energetskog planiranja i preispitivanja upotrebljena je inženjerska metoda za unapređenje procesa rada za modeliranje procesa na osnovu standarda IDEF0, BPwin 4.1 CASE alat firme LogocWorks. Konteksom i dekompozicijom aktivnosti definisani su svi postojeći ulazni i izlazni zapisi koji predstavljaju polaznu bazu arhive sistema dokumentovanih informacija, prepoznata je zakonska i druga regulativa koja predstavlja kontrole za sprovođenje dekomponovanih i drugih aktivnosti, utvrđen je značaj relevantnih varijabli od značajnog uticaja na korišćenje energije koje se odnose na osnovne karakteristike u proizvodnji, preradi i transportu uglja, proizvodnju tehnološke pare i toplotne energije i potrošnju električne energije i drugih energenata. Ovako prikupljena *analitika* predstavlja relevantnu osnovu za *sintetiku* koja je poslužila za izradu spiska posebnih ciljeva na bazi opšteg zakonskog cilja za uštedom energije od 1%.

Percepcijom značaja definisanih energetskih indikatora (EnPI) i bazne osnove (EnB) prepoznat je nivo poredbene vrednosti koji se odnosi

na specifičnu potrošnju energije koji se odnosi na period 2016.god. Ove bazne vrednosti u uslovima proizvodnje kakva vlada na površinskim kopovima, koji predstavljaju fokus značajnosti sa potrošnjom električne energije od 87,86% ukupne potrošnje usposatviće se najverovatnije u 2018. godini, s obzirom na kontinualnu dinamiku razvoja i proširenja proizvodnje na nove sisteme i nove površinske kopove.

2. Kontekst, dekompozicija i rekapitulacija procesa energetskog planiranja i preispitivanja u RB Kolubara

Funkcionalnim modeliranjem (IDEF0) omogućena je sistematična analiza procesa energetskog planiranja i preispitivanja zarad upotpunjenja jasne slike kako se opservirani proces zaista odvija, a za svaku dekomponovanu aktivnost je obezbeđena kontrola ispravnosti njenog odvijanja, definisani su resursi potrebni za realizaciju funkcija, ulazi u definisanu poslovnu aktivnost, kao i izlazi koji se na osnovu ulaza generišu. Sprovođenjem analize na ovaj način dobijena je podloga za primenu i moguća unapređenja procesa energetskog planiranja i preispitivanja. Takav prikaz je pogodno iskorišćen u rekapitulaciji Izveštaja o energetskom preispitivanju, saglasno zahtevima standarda ISO 50001:2011, tačka 4.4 energetsko planiranje. Dijagram konteksta definiše granica EnMS, dokumentovanja, primene, održavanja i poboljšavanje na nivou aktivnosti ***A0 Proces energetskog planiranja*** prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Dijagram konteksta procesa energetskog planiranja u Ogaranku

Ulazna dokumenta, zapisi (Input) su:

- Plan nabavke usluga implementacije EnMS,
- Javna nabavka konsultantskih usluga (JN 4000/0813/2016).

Izlazna dokumenta, zapisi (Output) su:

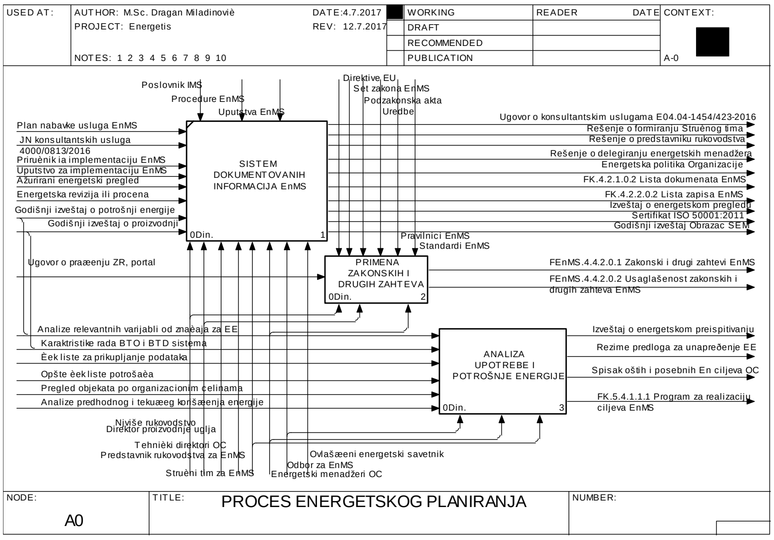
- Ugovor o konsultantskim uslugama za uvođenje standarda 50001:2011,
- Rešenje o fomiranju Stručnog tima na realizaciji projekta uvođenja EnMS,
- Rešenje o predstavniku rukovodstva i odgovornih lica za EnMS – En. menadžeri,
- Definisana energetska politika Organizacije u predviđenim granicma,
- Sertifikat ISO 50001:2011 od strane međunarodno akreditovanog Sertifikacionog tela.

3. Kreiranje sistema dokumentovanih informacija EnMS

Sprovođenje procesa planiranja upravljanja energijom u skladu sa energetskom politikom ogleda se na nivou aktivnosti ***A1 Kreiranje sistema dokumentovanih informacija EnMS*** prikazom dijagram dekompozicije na slici 2 čime se ispunjavaju zahtevi standrda tačke 4.4.1 Opšte. Uvođenjem sistema energetskog menadžmenta omogućava se:

- Priprema sistematizovane i struktuirane dokumentacije EnMS u Organizaciji.
- Upotreba računara i specijalizovanih softvera u interaktivnom radu i obuka za korišćenje softvera Informacioni sistem za energetski menadžment.
- Referentna dokumenta, procedure, zapisi – kreiranje, održavanje, unapređenje i sprovođenje ustanovljenih postavki sistema EnMS.
- Dokumenta IMS se mogu pregledati i preuzeti na intranet portalu na adresi:

http://www.rbkolubara.com/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=213&Itemid=242



Slika 2. Dijagram dekompozicije procesa energetskog planiranja u Ogaranku RB Kolubara

Dokumentacija koja čini osnovu sistema za dokumentovanje EnMS su Poslovnik PO 1 i Priručnik za implementaciju sistema upravljanja energijom (EnMS).

Procedure na kojima se bazira dekomponovanje su sledeće:

- PEn.4.4.1 Energetsko planiranje i preispitivanje.
- PEn.4.5.1 Operativno upravljanje značajnim korišćenjem energije.
- Uputstvo za implementaciju sistema upravljanja energijom (EnMS), prema zahtevima međunarodnog standarda ISO 50001:2011.
- UEnMS.4.4.1.1 Uputstvo za izradu energetskog bilansa.
- UK. 5.4.1.1 Definisanje politike i ciljeva i akcioni planovi EnMS.

Zapisi koji proizilaze iz dekomponovanja su sledeći:

- Godišnji izveštaj o ostvarivanju ciljeva uštede energije za privredna društva, čija je pretežna delatnost u proizvodnom sektoru i sektoru trgovine i usluga - Obrazac SEM.
- FK.4.2.1.0.2 Lista važećih dokumenata EnMS i FK.4.2.2.0.2 Lista zapisa EnMS.

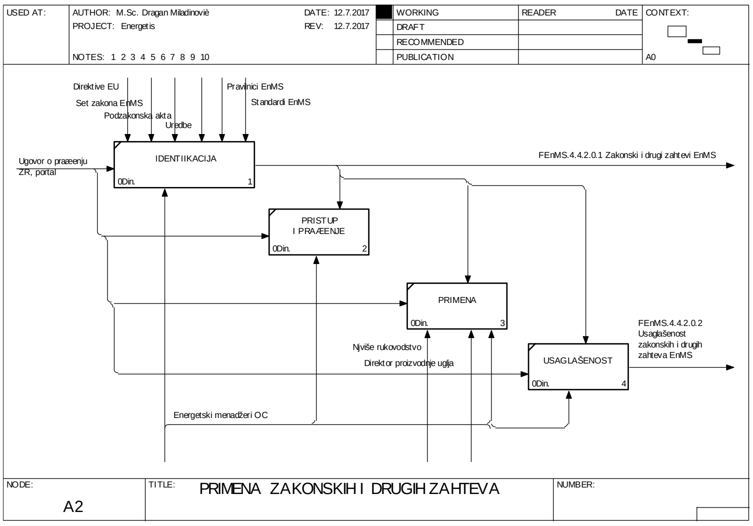
4. Identifikacija, primena i pristup primenljivih zakonskih i drugih zahteva

Sprovođenje procesa planiranja upravljanja energijom u skladu sa

energetskom politikom dato je u aktivnosti ***A2 Primena zakonskih i drugih zahteva EnMS*** što je prikazano na dijagramu dekompozicije na slici 3 čime se ispunjavaju zahtevi standrda tačke 4.4.2.

Pravni zahtevi uključuju međunarodne, nacionalne, regionalne i lokalne zakone, uključujući statute i propise i podzakonska akta, ukazi i direktive, naredbe koje izdaju regulatori, dozvole, licence i drugi oblici ovlašćivanja, presude sudova ili upravnih sudova, sporazumi, konvencije, protokoli, sporazumi sa kolektivnog pregovaranja, a koja su primenljiva na Organizaciju. Drugi zahtevi se odnose na smernice Vlade, zahteve zainteresovanih strana: udruženja, korisnika i drugih. Zahtevi se takođe odnose i na postupke izveštavanja. Na prvom mestu kao pravni okvir EnMS podrazumeva ispunjenje pravne nadležnosti i granice zakonske odgovornosti Ogranka RB Kolubara.

Identifikacija, primena i pristup odnosi se na primenljive zakonske zahteve koji u modeliranju procesa predstavljaju ***kontrole***.



Slika 3. Dijagram dekompozicije dela procesa energetskog planiranja u Ogaranku RB Kolubara koji se odnosi na primenu zakonskih i drugih zahteva

Drugi zahtevi su: zahtevi organizacije; ugovorni uslovi; sporazumi sa zaposlenima; sporazumi sa zainteresovanim stranama; sporazumi sa nadležnim organima za pitanje EnMS; neobavezujući standardi, standardi za koje postoji saglasnost i smernice; dobrovoljni principi, kodeksi prakse, tehničke specifikacije, povelje; javna posvećenost organizacije ili njene matične organizacije.

Praćenje zakonskih propisa odvija se preko:

- Pravnog informacionog sistema Intermeks,
- Portal EPS kodeks, (društvo sticalac, društvo prenosilac, Obnovljivi izvori) - praćenje internh akata - portal pravnika Elektroprivrede Srbije.
- Integrisani sistemi menadžmenta Portal (JP EPS): eps-grupa.eps.lokal/Pages/default.aspx; eliso.eps.rs/eps/SitePages/Početak.aspx; Praćenje zakonske regulative; Baza tehničkih propisa; Standardi.
- http://www.mre.gov.rs/dokumenta-efikasnost-izvori.php.

Procedura koja integriše identifikaciju i usaglašenost zakonskih i drugih zahteva je:

- PE/PZ/PEn.4.3.2 Identifikacija i usaglašenost zakonskih i drugih zahteva.

Zapisi koji proizilaze iz pridržavnja navedene procedure:

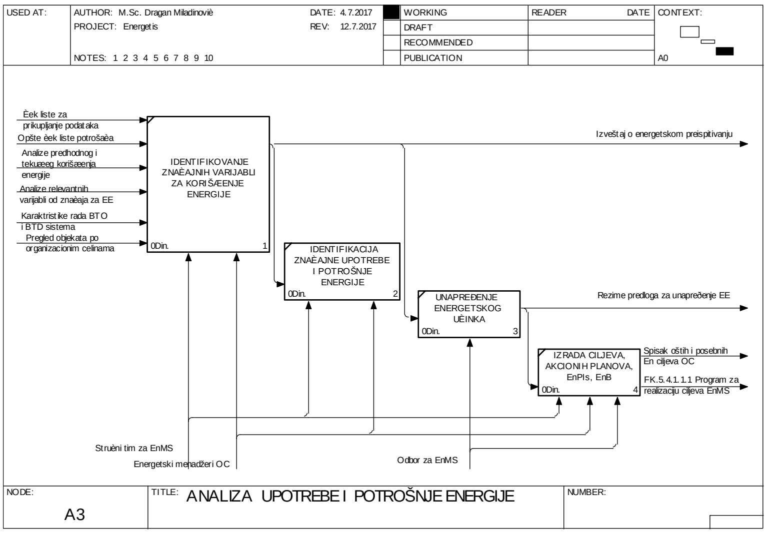
- FEnMS 4.4.2.0.1 Zakonski i drugi zahtevi EnMS.
- FEnMS 4.4.2.0.2 Usaglašenost zakonskih i drugih zahteva EnMS.

5. Energetsko preispitivanje

Izgrađenim multidisciplinarnim pristupom analizi identifikovane i vrednovane proizvodnje, korišćenja i potrošnje energije u prethodnom (2016. godina) i sadašnjem vremenu (2017. godina), zasnovanoj na relevantnim podacima iz Godišnjih izveštaja identifikovana je osnova za upravljanje energetskom efikasnošću i ostvarivanje energetskih ciljeva. Slika 4 prikazuje dijagram dekompozicije procesa energetskog preispitivanja u Ogaranku RB Kolubara koji se odnosi na nivo aktivnosti ***A3 Analiza upotrebe i potrošnje energije*** čime su ispunjavaju zahtevi standrda tačke 4.4.3 Energetsko preispitivanje.

A3 Analiza upotrebe i potrošnje energije dekomponovana aktivnost trećeg nivoa prikazana je na Slici 4, a sastoji se od sledećih aktivnosti sa svojim ulaznim i izlaznim zapisima:

- A3.1 Identifikacija relevantnih varijabli od značajnog uticaja na korišćenje energije,
- A3.2 Identifikacija područja značane upotrebe i potrošnje energije,
- A3.3 Identifikacija mogućnosti za unapređenje energetskog učinka
- A3.4 Energetska osnova, energetska poredbena vrednost, ciljevi, akcioni planovi.



Slika 4. Dijagram dekompozicije procesa energetskog preispitivanja u Ogaranku RB Kolubara koji se odnosi na analizu upotrebe i potrošnje energije

A3.1 - Identifikacija relevantnih varijabli od značajnog uticaja na korišćenje energije

Relevantne varijable od značajnog uticaja na korišćenje energije utvrđene su analizama upotrebe i potrošnje energije koje se odnose na sledeće:

- *Kadrovska struktura JP EPS Ogranak RB Kolubara za 2016. godinu.*
- *Poslovni rashodi: troškovi zaposlenih, troškovi potrošene električne energije.*
- *Pregled angažovanih sredstava za realizaciju investicija u periodu I-XII 2016.*
- *Pregled angažovanih sopstvenih sredstava za realizaciju investicija u 2016. godini.*
- *Proizvodnja i izvršenje, prema rebalansu plana, poslova vezanih za otkopavanje, transport, pripremu, preradu i otpremu uglja na nivou RB Kolubara u 2016.godini.*
- *Ostvarena proizvodnja uglja na Pogonima Površinskih kopova u Ogranku RB Kolubara za period I-XII 2015. i 2016. godine.*
- *Ostvarena proizvodnja rovnog uglja na Pogonima Ogranka Prerada za period I-XII 2015. i 2016. godine.*
- *Ostvarena proizvodnja uglja za industrijsku i široku potrošnju u Ogranku Prerada u RB Kolubara za period I-XII 2015. i 2016.*

godine.

- *Rekapitulacija realizacije svih vrsta proizvoda uglja u Ogranku Prerada u RB Kolubara po kvartalima za period I-XII 2016 godine u t.*
- *Ostvarena proizvodnja i isporuka uglja za TE u (t) sa Pogona Ogranka Prerada za period I-XII 2015. i 2016. godine.*
- *Pregled izvršenja radova vezanih za otkopavanje jalovine na Površinskim kopovima u 2016. Godini.*
- *Osnovne karakteristike (relevantne varijable) i zastoji proizvodnje uglja na Pogonima Površinskih kopova u 2016. godini.*
- *Osnovne karakteristike (relevantne varijable) i zastoji otkopavanja jalovine na Pogonima Površinskih kopova u 2016. godini.*

Izvršene su analize koje se odnose na predhodno i tekuće korišćenje enrgije, a to su:

- *Potrošnja el. energije prema organizacionim celinama.*
- *Potrošnja aktivne energije u kWh i knjigovodstveno evidentirani troškovi el. energije u RB Kolubara za period od 2012 do 2016. godine.*
- *Analiza potrošnje električne energije po vrstama merenja potrošnje (visoki napon, srednji napon sa odvojenim merenjem za Ogranak Metal) po mesecima u 2016. godini.*
- *Mesečna potrošnja električne energije u 2016. godini po objektima Direkcije.*
- *Godišnja potrošnja primarnih energenta u Pogonu Toplana u 2011. - 2016. godine: mazuta, električne energije, uglja i demi vode.*
- *Proizvodnja i distribucija tehn. pare i topl. en. u RJ Toplana za 2015. i 2016. godine.*

A3.2 - Identifikacija područja značane upotrebe i potrošnje energije

Identifikacija područja značane upotrebe i potrošnje energije predstavlja rezultat energetskog audita na osnovu opsevacije procesa i njihovih energetskih potrošača na pogonima, njihovih aktivnosti i objekata na lokacijama koje je sproveo Stručni tim.

Utvrđene su i primenjene sledeće *Ček liste* za prikupljanje podataka:

- Tabela 1. Osnovni podaci o korisnicima energije,
- Tabela 2. Odgovorna lica za energetsku efikasnost - Energetski menadžeri,
- Tabela 3. Kadrovska struktura JP EPS Ogranak RB Kolubara za

2016. godinu,

- Tabela 5. Poslovni rashodi: Troškovi zaposlenih JP EPS Ogranak RB Kolubara,
- Tabela 6. Poslovni rashodi: Troškovi zaposlenih JP EPS Ogranak RB Kolubara,
- Tabela 7. Poslovni rashodi: Nabavke energije JP EPS Ogranak RB Kolubara,
- Tabela 8. Podaci o proizvodnim, pratećim i poslovnim objektima za organizacioni deo,
- Tabela 9. Proizvodnja JP EPS Ogranak RB Kolubara,
- Tabela 10. Rekapitulacija poslovnih objekata JP EPS Ogranak RB Kolubara,
- Tabela 11. Zemljište, geografske karakteristike i klimatski podaci lokacija,
- Tabela 12. Podaci o proizvodnim, pratećim i poslovnim objektima za org. deo,
- Tabela 13. Rekapitulacija proizvodnih objekata JP EPS Ogranak RB Kolubara,
- Tabela 14. Studije i projektna dokumentacija (urađene u poslednjih 5 godina),
- Tabela 15. Elektro energetski resursi u organizacionom delu na lokaciji,
- Tabela 16. Postojeći obnovljivi izvori i moguće lokacije obnovljivih izvora,
- Tabela 17. Dokumenti energetike sumarno za ceo JP EPS Ogranak RB Kolubara,
- Tabela 18. Navesti i kratko opisati tri prioritetna investiciona projekta,
- Tabela 19. Projekti en.ef. i korišćenja obn. izvora energije u poslednjih 5 godina,
- Tabela 20. Najvažniji energetski problemi u organizacionom delu, na lokaciji,
- Tabela 21. Najvažniji ekološki problemi u organizacionom delu na lokaciji i
- Opšte ček liste potrošača: bageri, motorna vozila, radne mašine.

Zapisi koji proizilaze iz procedure PEn.4.4.1 Energetsko planiranje i preispitivanje su:

- FEn.4.4.1-1 Upitnik za opšte podatke preispitivanja,
- FEn.4.4.1-2 Upitnik za opšte podatke o proizvodnji i
- FEn.4.4.1-3 Upitnik za opšte podatke o potrošnji.

Izlaz iz aktivnosti A3.2 (Output) predstavlja rezultat Pareto analiza - definisana ABC područja stepena i redosleda značajnosti učešća u potrošnji energije konzumenata, radnih mašina, motornih vozila na svim O.C. Organizacije koji se dokumentuje sledećim zapisima koji proizilaze na osnovu procedure PEn.4.5.1 Operativno upravljanje značajnim korišćenjem energije:

- FEn.4.5.1-1 Ocena učešća pojedinačnih područja u ukupnom korišćenju energije,
- FEn.4.5.1-2 Vrednovanje područja značajnog korišćenja energije,
- FEn.4.5.1-3 Utvrđivanje mogućnosti i mera za poboljšanje energetskih performansi,
- FEn.4.5.1-4 Indikatori energetskih performansi (EnPIs) i
- FEn.4.5.1-5 Utvrđivanje energetske poredbene vrednosti.

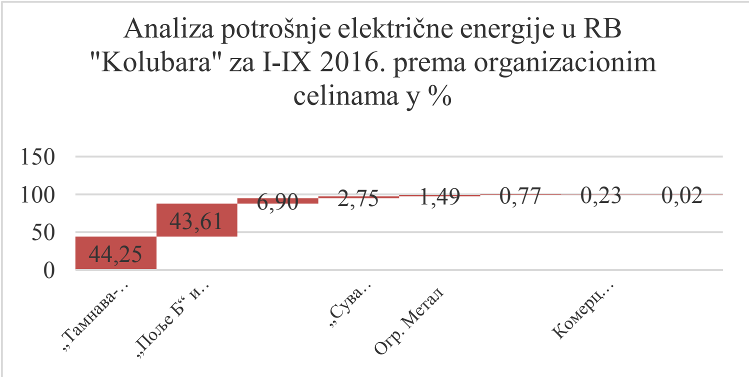
Utvrđeni su elektroenergetski resursi i izvori-objekti napajanja el. energijom čime je ispraćeno korišćenje energije na osnovu sledećih pregleda:

- Pregled napojnih objekata Ogranka RB Kolubara naponskog nivoa 110/35 kV,
- Pregled napojnih objekata Ogranka RB Kolubara naponskog nivoa 35/20 kV,
- Pregled napojnih objekata Ogranka RB Kolubara naponskog nivoa 35/6 kV i
- Pregled objekata po organizacionim celinama (Naziv objekta; način korišćenja).

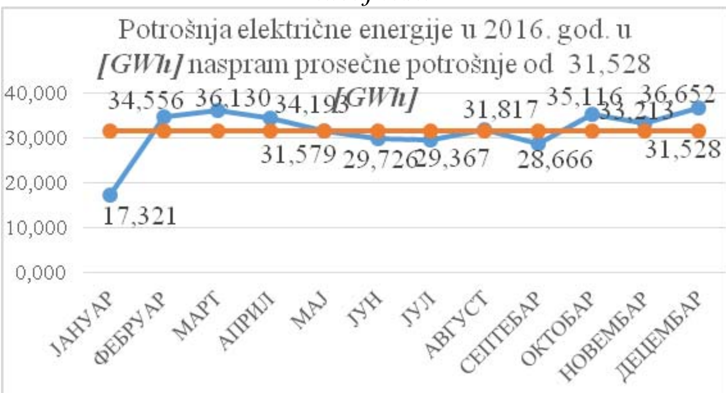
Obavljeno je istraživanje velikih potrošača na osnovu čega je utvrđeno sledeće:

Najveća procentualna potrošnja električne energije u 2016. godini ostvarena je na Pogonima Površinskih kopova: Tamnava Istočno Polje i Tamnava-Zapadno Polje 44,25%, na Pogonima Polje B i D od 43,61%, sledi im Ogranak Prerada čije učešće u potrošnji iznosi 10,41%, na ostale konzumente odnosi se ukupno 1,74%. To se može videti na Slici 5.

Praćenjem korišćenja energije i troškova ustanovljeno je da je ukupna potrošnja električne energije sa sopstvene prenosne mreže u 2016. godini iznosila 378.334.189,2 kWh/god., a mesečna potrošnja u 2016. godini prikazana je na Slici 6. Ukupni troškovi električne energije za Ogranak RB Kolubara u 2016. godini iznosili su 329.587.776,54 RSD.



Slika 5. Pareto analiza procentualnih vrednosti potrošnje el. energije prema organizacionim celinama sa vrednostima poređanim po stepenu značajnosti



Slika 6.Grafički prikaz linijskim dijagramom potrošnje električne energije po mesecima u 2016. godini u GWh u odnosu na prosečnu vrednost

Prilozi Izveštaju o energetskom preispitivanju predstavljaju svojevrsnu bazu podataka svih potrošača na svim organizacionim celinama koja predstavlja i služi za *otvarnje pitanja* o načinima i fokusima na najznačajnije potrošače za donošenje prikladnih mera za podizanje nivoa energetske efikasnosti adekvatnim merma. Najprimerenije je sprovesti kontinuirani monitoring i maksimizirati kontrolu radnih procesa i optimizirati proizvodno-tehničke procese primereno situaciji na terenu.

Povećanje faktora energetske efikasnosti predstavlja smanjenje potrošnje električne energije za proizvodnju proizvoda i druge aktivnosti (odžavanje tehničkih sistema i objekata). Unapređenje energetske efikasnosti je povezano sa tehnološkim unapređenjima, nabavkom novije

energetski efikasnije opreme, sa otimizacijom proizvodnih i drugih procesa boljom organizcijom aktivnosti ili poboljšanog ekonomskog i investicionog pozicioniranja Organizacije zahvaljujući poslovnoj politici Vlade Srbije u energetskom sektoru. Prema planu troškova održavanja u 2017. godini, odliv finansijskih sredstava za održavanje od I-IX 2017. godine iznosi 8.255.949.000,00 RSD (oko 67 miliona €), a sredstva za održavanje energetskih objekata, prema planu troškova održavanja u 2017. godini iznose 8.030.000,00 RSD (oko 65.285 €).

A3.4 - Energetska osnova, energetska poredbena vrednost, ciljevi, akcioni planovi

Energetska osnova (Energetska poredbena vrednost EnB) definisana je standardom i pruža osnovu za poređenje energetske performanse. Utvrđuje se korišćenjem rezultata prethodnog en. preispitivanja za period koji odgovara korišćenju i potrošnji energije na nivou organizacije. Promene energetske performanse upoređene su u odnosu na poredbeni period 2016. godinu (za određene performanse petogodišnji period) s obzirom na diskontinuitet u poslovanju Organizacije tokom 2014. i oporavak proizvodnih celina tokom 2015. godine sa periodom izveštavanja (kvartali 2017. godine).

Specifična potrošnja energije (SPE) za procese, tj. utrošena energija po jedinici proizvoda uzeta je kao Makro indikator utrošene el. energije i ukupna fin. sredstva angažovana na zaradi zaposlenih, na nivou čitave Organizacije. Potrebno je razmotriti na *mikro* nivou Pogona zbog složenosti diverzifikacije proizvoda (vrste uglja za različitu isporuku, jalovine, tehnološke pare, toplotne energije i dr.) i složenosti ulaznih varijabli (potrošnja raznih vrsta energenata). *Makro* indikatori kao poredbena vrednost odnose se na sledeće:

Specifična potrošnja energije (SPE) - utrošena prosečna energija za petogodišnji period po jedinici proizvoda u kWh/t iznosi: 13,453 kWh/t, dok za 2016. godinu SPE iznosi: 13,255 kWh/t.

Knjigovodstveno evidentirani troškovi električne energije u RSD/Proizvodnja rovnog uglja u t iznosi 80,568 RSD/t.

Ukupni troškovi zaposlenih u 2016.od I-XII - RSD/god. Proizvodnja rovnog uglja u t iznosi 892,3 RSD/t.

Output iz aktivnosti su sledeći zapisi:

- Potrošnja energije za proizvodnju po OC Površinskih kopova,
- Pomoćna mehanizacija - Potrošnja energije za održavanje mehanizacije (Zeoke, Tamnava),
- Rezime predloženih mera, aktivnosti i sredstava za unapređenje en. efik. Toplane.

Dokumentcija koja prati aktivnost je sledeća:

- Poslovnik PO1,
- Izveštaj o energetskom preispitivanju,
- Izveštaj o energetskom pregledu,
- PK.5.4.1 Planiranje poslovanja,
- PEn.4.4.1 Energetsko planiranje i preispitivanje.

Zapisi su: Lista opštih i posebnih ciljeva, FK.5.4.1.1.5 Program za realizaciju ciljeva EnMS i FK.5.4.1.1.5 Izveštaj o realizaciju ciljeva EnMS.

- Ažurirani energetski pregledi i Energetska revizija ili procena.

Trenutno su ustanovljene sledeće varijable posebno za svaki sistem na svakom Pogonu:

- Karakteristika rada ugljenih (BTD) sistema na Površinskim kopovima u 2016. godini:
- Koeficijenti vremenskog iskorišćenja na ugljenim sistemima u proizvodnji uglja na površinskim kopovima u RB Kolubara u 2016. u odnosu na prosečni od 35,09%,
- Efektivno vreme rada pojedinih BTD sistema,
- Vreme trajanja prosečnih vrednosti svih vrsta zastoja na ugljenim sistemima na površinskim kopovima u RB Kolubara u 2016. godini.
- Karakteristika rada jalovinskih BTO sistema na Površinskim kopovima u RB Kolubara u 2016. godini:
- Komparacija procentualnog vremenskog stepena iskorišćenja rada pojedinih BTO sistema u odnosu na prosečno vremensko iskorišćenje u njihovom radu od 48,58%,
- Efektivno vreme rada pojedinih BTO sistema,
- Vreme trajanja prosečnih vrednosti svih vrsta zastoja na jalovinskim sistemima na površinskim kopovima u RB Kolubara u 2016. godini.

(Dokumentcija: Izveštaj o energetskom preispitivanju (2016./2017.); Godišnji izveštaji o proizvodnji i potrošnji energije; Dokumentovane informacije sistema (IMS)).

Pokazatelji energetskog učinka (EnPIs), indikatori energetske performanse mereni u odnosu na energetsku osnovu predstavljaju relevantne informacije koje omogućavaju fokus konkretnim korisnicima u svojim organizacionim celinama za razumevanje i preduzimanje mera za njihovo poboljšanje na nivou proizvodnih procesa u Pogonima, podizanje radne i tehnološke discipline kontrolom rada opreme pod optimalnim uslovima u granicama mogućeg radnog kapaciteta proizvodnih mašina, poboljšanje pristupu tekućeg, operativnog i

investicionog održavanja, uvođenjem-zamenom energetski efikasnije opreme, sprovođenje preciznog monitoringa potrošnje energije, energetskih i proizvodnih performansi.

Dokumentcija koja prati ove aktivnosti je sledeća:

- Izveštaj o energetskom preispitivanju,
- Prilozi izveštaju o energetskom preispitivanju RB Kolubara: Identifikacija područja značane upotrebe i potrošnje energije, relevantne varijable od značajnog uticaja na korišćenje energije po OC,
- Energetski pregled (u pet godina),
- Obrazac 1. Prijava o ostvarenoj potrošnji energije i
- Obrazac 2. Proračun godišnje potrošnje primarne energije.

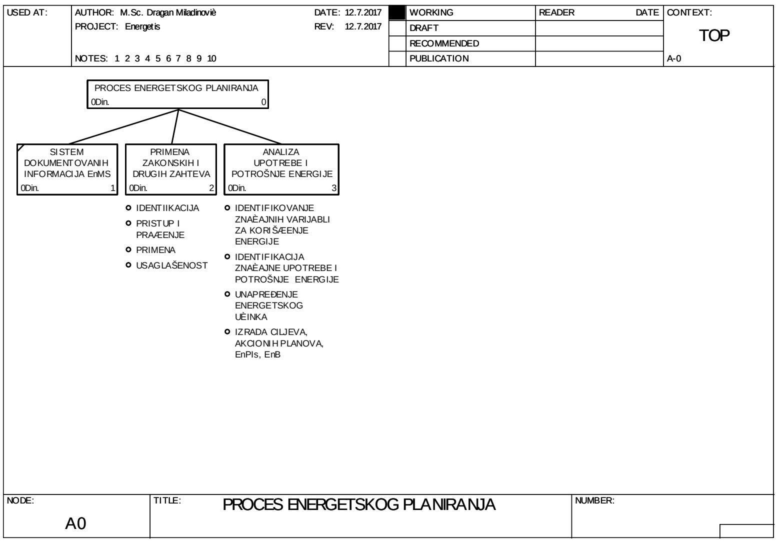
Organizacija je postavila poseban cilj i energetsku poredbenu vrednost za svaki *EnPI*. Ciljevi su:

- Razvoj i implementacije EnMS sa ciljem njegove pripreme za sertifikaciju i dobijanje sertifikata ISO 50001:2011 od strane međunarodno akreditovanog Sertifikacionog tela;
- Smanjenje potrošnje energije i potrošnje materijala optimizacijom procesa proizvodnje i boljom organizacijom održavanja opreme, podizanjem nivoa pouzdanosti sistema energetskog napajanja, nabavka i implementacija energetski efikasne opreme, uvođenje kontinuiranog monitoringa potrošnje energije u proizvodnji, preradi uglja i otkopavanju jalovine.
- Ušteda potrošnje električne energije od 1% u svim organizacionim celinama Ogranka RB Kolubara, u ukupnom iznosu 3,78334 GWh/god., kao i uvođenjem monitoringa po proizvodno-tehničkim sistemima, posebno ugljenim, posebno jalovinskim na površinskim kopovima obezbeđenjem merenja utrošene elekrtične energije instaliranjem mernih grupa sa mogućnošću daljinskog očitavanja instalisanih brojila.
- Povećati faktor snage u sistemima napajanja u 2017. godini na Pogonima Površinski kopovi;
- Povećanje energetske efikasnosti smanjenjem troškova proizvodnje;
- Dodela odgovornosti u sistemu energetskog menadžmenta (EnMS) na nivou organizacionih celina; Delegirane uloga energetskim menadžerima.

Dokumentcija koja pruža osnovu za definisanje ciljeva je sledeća:

- Izveštaj o energetskom preispitivanju (sa Prilozima),
- UK. 5.4.1.1 Definisanje politike, ciljeva i akcionih planova IMS-a (EnMS).

Stablo aktivnosti u procesu energetskog planiranja i preispitivanja prikazano na Slici 7 korisno je u smislu jedinstvenog rezimea celokupnog posla. Definisano je primenom prikazane metode rešavanjem problema odozgo na dole (top-down) tako da je složena aktivnost rastavljena na više podaktivnosti do trećeg nivoa A3, a zatim je pristupljeno rešavanju jednostavnih podaktivnosti za svaki od nivoa tako da je polazna složena aktivnost razvijena u hijerarhiju podaktivnosti sa strukturom tipa stabla.



Slika 7. Dijagram stabla aktivnosti (Node tree) procesa energetskog planiranja u RB Kolubara

6. Zaključak

Energetsko preispitivanje prethodne proizvodnje i korišćenja energije se planira i sprovodi kao deo identifikacije i određivanja prioriteta za poboljšavanje energetske performanse. Ono je obuhvatilo: sveobuhvatne analize područja značajnog korišćenja energije, identifikaciju mogućnosti (prilika) za poboljšanje energetskih perfomansi. Izlazni podaci pregleda uključili su informacije o proizvodnji (uglja, otkrivke, toplotne pare), potrošnji energije i energenata do kojih se došlo kroz informacije iz Sektora za proizvodno tehničke poslove i godišnjih izveštaja poslovanja Ogranka. Podaci su dopunjeni serijom rangiranih preporuka za poboljšanje u pogledu energetske performanse od Strane Stručnog energetskog tima i odgovornih lica za energetski menadžment sistem (mehanizmi-resursi).

Organizacija je definisala i odredila obim potrebnih merenja za praćenje svoje energetske perfomanse. Praćenje kvaliteta uglja vrši se labaratorijskim merenjima prema ustaljenim postupcima u labaratorijama na lokaciji Tamnava u Kaleniću i Prerada, Vreoci. Prate se parametri kvaliteta u proizvodnji vode i vode koja se izliva u recipijente (npr. reka Kolubara). Organizacija obezbeđuje da oprema koja se koristi u praćenju i merenju energetske perfomanse pruža tačne, pouzdane i ponovljive podatke prema procedurama: PK 7.6.1 Upravljanje opremom za merenje i ispitivanje. Merna mesta za evidenciju utrošene električne energije organizovana su u određenim organizacionim celinama i vrše se na svim naponskim nivoima (visokom, srednjem i niskom). Karakteristika lokacijskih merernja je da se trenutno vrše zajednička mernja za potrošnju električne energije za površinske kopove Polje B i Polje D, kao i za kopove Tamnava Istočno Polje i Tamnava-Zapadno Polje na koje se i odnosi najznačajnija potrošnja (87,61% - Pogoni Ogranka Površinskih kopova).

Rezultati vezani za upravljanje energijom se evidentiraju i održavaju se forme zapisa specificiranih dokumentovanih informacija prema proceduri (PK 4.2.2 Upravljanje zapisima). Prikupljeni podaci na ovom nivou analize energetskog sistema se dokumentuju u prikladnom elektronskom i drugim formalnim oblicima (tekstualno, tabelarno ili u obliku podesnih grafika). Cilj je da se u organizacionim delovima sistema identifikuju tokovi i veličine prateće energije za sve energetske konzumente i izvore. Različiti tokovi potrošene i proizvedene energije, ulazne i izlazne enrgetske vredosti prikazivati svedeno na iste fizičke jedinice.

Ažurno praćenje i ocena usklađenosti sa ažurnim zakonskim, podzakonskim i drugim zahtevima koji obavezuju Ogranak RB Kolubara i njegove pogone vrši se prema proceduri za identifikaciju i vrednovanje zakonskih i drugih zahteva (PE/PZ 4.3.2 Identifikacija i usaglašenost zakonskih i drugih zahteva). Ogranak RB Kolubara još nije u potpunosti usklađen sa najnovijim podzakonskim aktima energetske efikasnosti ali se na tom ne radi.

Literatura

1. Miladinović D.: Metode i tehnike unapređenja integrisanih sistema menadžmenta: studija slučaja RB Kolubara d.o.o., Master rad, Fakultet tehničkih nauka Čačak, Čačak, 2013
2. SRPS ISO 50001:2012, Sistem upravljanja energijom - Zahtevi sa uputstvom za upotrebu, I izdanje, Institut za standardizaciju Srbije,

Beograd, 2012
3. JP EPS, Ogranak RB Kolubara: Godišnji izveštaj Sektora za proizvodno tehničke poslove, Lazarevac, 2016
4. Priručnik za implementaciju sistema upravljanja energijom (EnMS) prema zahtevima međunarodnog standada ISO 50001:2011, Tekon - tehnokonsalting d.o.o., Beograd, 2016

ANALIZA RASPOLOŽIVOG SMEŠTAJNOG PROSTORA ZA ODLAGANJE OTKRIVKE I JALOVNE NA JEDINSTVENOM PROSTORU ISTOČNOG DELA KOLUBARSKOG BASENA

ANALYSIS OF THE AVAILABLE STORAGE SPACE FOR WASTE AND OVERBURDEN DUMPING ON THE UNIQUE SPACE OF THE KOLUBARA BASIN EASTERN PART

Mišković M.[1], Petrović M..[2] Alimpijević S.[3]

Apstrakt

Prostorna i vremenska dinamika formiranja odlagališta i odlaganja otkrivke i jalovine u istočnom delu Kolubarskog basena poslednjih godina značajno utiče na ostvarenje dinamike eksploatacije i proizvodnih planova ovog dela basena. U funkciji daljeg razvoja površinske eksploatacije i većeg stepena pouzdanosti ostvarenja proizvodnih planova urađena je analiza raspoloživog smeštajnog prostora za odlaganje otkrivke i jalovine.

Ključne reči: Površinska eksploatacija uglja, odlagalište, dinamika eksploatacije, smeštajni prostor

Abstract

Spatial and time schedule of dump site creation and overburden dumping

[1] Mišković Milan, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[2] Petrović Milan, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[3] Alimpijević Srđan,JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac

in the eastern part of the Kolubara basin have significantly influenced the dynamics of mining and production plans of this part of the basin in recent years. In the function of further development of surface mining and a greater degree of reliability of the production plans realization, an analysis of the available storage space for dumping of waste and overburden was made.

Key words: Surface mining of coal, dump site, dynamics of mining, storage space

1. Uvod

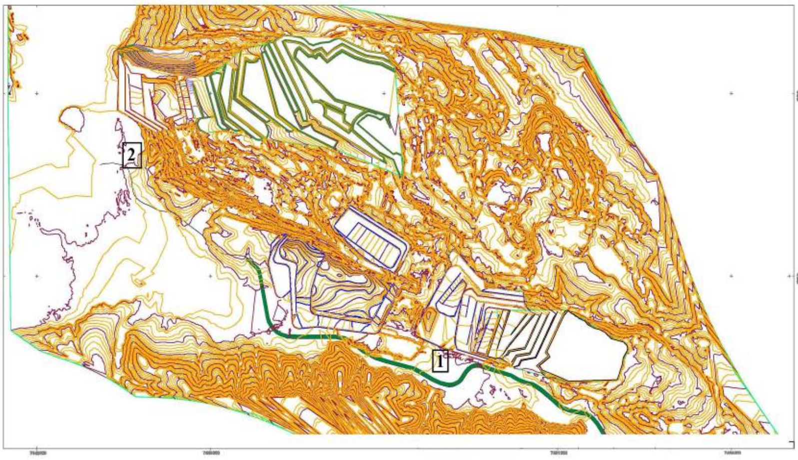
Kada je reč o jedinstvenom prostoru eksploatacije u istočnom delu Kolubarskog ugljonosnog basena, reč je o ležištima uglja Polje B, C, D i E. Obzirom na geološke karakteristike i pružanje ugljenih slojeva prostor ovih ležišta pre se može smatrati kao jedinstveno istražno-eksploataciono polje nego pojedinačna ležišta.

Eksploatacija uglja na ovom prostoru odvija se na površinskom kopu Polje D (po Tehničkom rudarskom projektu u severozapadnom delu površinskog kopa Polje D i Tehničkom rudarskom projektu otkopavanja otkrivke i uglja u južnoj kosini površinskog kopa Polje D, koji su bazirani na uslovima i ograničenjima iz Dopunskog rudarskog projekta iz 2009. godine) i površinskom kopu Polje C na kome se radovi odvijaju po Dopunskom rudarskom projektu površinskog kopa Polje C iz 2014. godine. Period važenja rudarskih projekata za Polje D i Polje C je 2014.-2017. godina.

Na površinskom kopu Polje B je završena eksploatacija i na prostoru ovog kopa formirano je unutrašnje odlagalište.

Na prostoru ležišta Polje E vrši se eksploatacija krovinskog ugljenog sloja a radilište se interno vodi kao Polje D - Južno krilo. Potpuni razvoj eksploatacije uglja na prostoru ležišta Polje E (krovinski i podinski ugljeni sloj) planiran je u fazi zatvaranja površinskog kopa Polje D.

Na Slici 1 prikazan je prostorni raspored i projektovano stanje površinskih kopova u istočnom delu Kolubarskog basena na kraju 2017. godine.



Slika 1. Prostorni raspored i stanje radova na površinskim kopovima Polje D, Polje C i Polje D-Južno krilo na kraju 2017. godine

2. Dinamika eksploatacije uglja i odlaganja ortkrivke i jalovine na prostoru istočnog dela Kolubarskog basena do kraja eksploatacije

Usvojena dinamika Dugoročnim programom eksploatacije uglja u Kolubarskom basenu u periodu od 2015. do 2025. godine i za period 2025. do 2050. godine je polazna osnova za razvoj eksploatacije u istočnom delu Kolubarskog basena, odnosno na prostoru jedinstvenog površinskog kopa. Na bazi dinamike eksploatacije definisana je i dinamika otkopavanja jalovine i otkrivke koja je uslov za sve dalje analize raspoloživog prostora za odlaganje u ovom delu Kolubarskog basena. Treba napomenuti da je za sve analize kao početna godina uzeta 2015., kao i da su se u ovom delu Kolubarskog basena za 2015., 2016. i 2017. godinu menjale dinamike eksploatacije na pojedinim površinskim kopovima. Međutim, ovaj podatak nema uticaja na analizu smeštajnog prostora jer se ukupne mase jalovine i otkrivke za otkopavanje ne menjaju.

Dinamike eksploatacije uglja i otkopavanja otkrivke i jalovine prikazane su u narednim tabelama.

Dinamika eksploatacije površinskog kopa Polje C prikazana je u Tabeli 1.

Tabela 1. Dinamika eksploatacije na površinskom kopu Polje C

Godina	Ugalj (10^6 t)
2015.	1,30
2016.	2,20
2017.	3,00
2018.	2,50
2019.	3,00
Ukupno	12,00
2020.	5,00
2021.	6,00
2022.	6,00
2023.	6,00
2024.	6,00
2025.	6,00
2026.	2,00
Ukupno	37,00
Ukupno do kraja	49,00

Prema definisanoj dinamici, početkom 2026. godine na površinskom kopu Polje C završava se eksploatacija. Obzirom na jedinstveni geološko eksploatacioni prostor u istočnom delu Kolubarskog basena, front radova na glavnom ugljenom sloju na površinskom kopu Polje C nalazi se na geološkoj granici Polja C i Polja E tako da je njegov vek eksploatacije 11 godina.

Dinamika eksploatacije površinskog kopa Polje D-Severozapadni deo prikazana je u Tabeli 2.

Tabela 2. Dinamika eksploatacije na površinskom kopu Polje D Severozapadni deo

Godina	Ugalj (10^6 t)
2015.	11,00
2016.	10,50
2017.	7,50
2018.	7,50
2019.	6,00
Ukupno 2015.-2019.	42,50

Krajem 2020. godine na površinskom kopu Polje D završava se eksploatacija. Ostale količine uglja od oko 5 miliona t ostaju u južnoj kosini površinskog kopa i otkopaće se u iz Polja E. Vek površinskog kopa je 5 godina.

Dinamika eksploatacije površinskog kopa Polje E-krovinski sloj (Polje D-Južno krilo) prikazana je u Tabeli 3.

Tabela 3. Dinamika eksploatacije na površinskom kopu Polje E-krovinski sloj (Polje D- Južno krilo)

Godina	Ugalj (10^6 t)
2015.	1,30
2016.	1,30
2017.	4,00
2018.	3,00
2019.	3,50
Ukupno 2015.-2019.	13,10
2020.	5,00
2021.	5,00
2022.	5,00
2023.	5,00
2024.	5,00
Ukupno 2020.-2024.	25,00
Ukupno do kraja 2024.	38,10

U Tabeli 8.3 prikazana je dinamika eksploatacije površinskog kopa Polje D-Južno krilo do 2025. godine. Obzirom da se ovim površinskim kopom eksploatiše krovinski ugljeni sloj ležišta Polje E to će se dalja dinamika eksploatacije do kraja veka prikazati jedinstveno kao dinamika eksploatacije površinskog kopa Polje E (krovinski i podinski ugljeni sloj) u Tabeli 4. Obzirom da je ulazni element u analizu kraj eksploatacije podinskog sloja uglja površinskog kopa E to su u obračun ukupnih masa za odlaganje uzete i mase otkrivke i jalovine koje je potrebno otkopati prilikom eksploatacije uglja iz krovinskog sloja površinskog kopa Polje posle 2042. godine.

Tabela 4. Dinamika eksploatacije na površinskom kopu Polje E

Krovinski ugljeni sloj		Podinski ugljeni sloj	
Godina	Ugalj (10^6 t)	Godina	Ugalj (10^6 t)
2025.	5,00	2025.	0,00
2026.	5,00	2026.	4,00
2027.	5,00	2027.	6,00
2028.	5,00	2028.	7,00
2029	5,00	2029	7,00
2030.	5,00	2030.	7,00
2031.	5,00	2031.	7,00
2032.	5,00	2032.	7,00
2033.	5,00	2033.	7,00
2034.	5,00	2034.	7,00
2035.	5,00	2035.	7,00

2036.	5,00	2036.	7,00
2037.	5,00	2037.	7,00
2038.	5,00	2038.	7,00
2039.	5,00	2039.	7,00
2040.	5,00	2040.	7,00
2041.	5,00	2041.	7,00
Ukupno Polje E	**85,00**	2042.	7,00
2042. Polje F	5,00	2043.	7,00
2043.	5,00	2044.	7,00
2044.	5,00	2045.	7,00
2045.	5,00	2046.	7,00
2046.	5,00	2047.	7,00
2047.	5,00	2048.	7,00
2048.	5,00	2049.	7,00
2049.	5,00	**2050.**	**164,00**
Ukupno Polje F	40,00		

Na bazi izvršene analize planirane dinamike eksploatacije na prostoru istočnog dela Kolubarskog basena do kraja eksploatacije (kraj eksploatacije podinskog ugljenog sloja površinskog kopa Polje E) otkopaće se na površinskom kopu Polje C $49*10^6$ t uglja, na površinskom kopu Polje D $42,5*10^6$ t uglja, polje E krovinski i podinski sloj $287*10^6$ t uglja i Polje F krovinski sloj $40*10^6$ t uglja, odnosno ukupno na prostoru istočnog dela Kolubarskog basena $418,5*10^6$ t uglja.

3. Konstrukcija odlagališta na analiziranom prostoru

U cilju smeštaja masa otkrivke i jalovine, koje se otkopavaju tokom eksploatacije na površinskim kopovima Polje C i Polje D od 2015. godine (radilišta Severozapadni deo i Južno krilo), kao i budućeg površinskog kopa Polje E od 2025. godine pa do kraja eksploatacije svakog od pomenutih površinskih kopova, analiziran je sav potencijalni smeštajni prostor u istočnom delu Kolubarskog basena (PK Polje A, PK Polje B, PK Polje C, PK Polje D i budući PK Polje E), odnosno prostor postojećih odlagališta kao i prostor na kome je moguće formirati odlagališta.

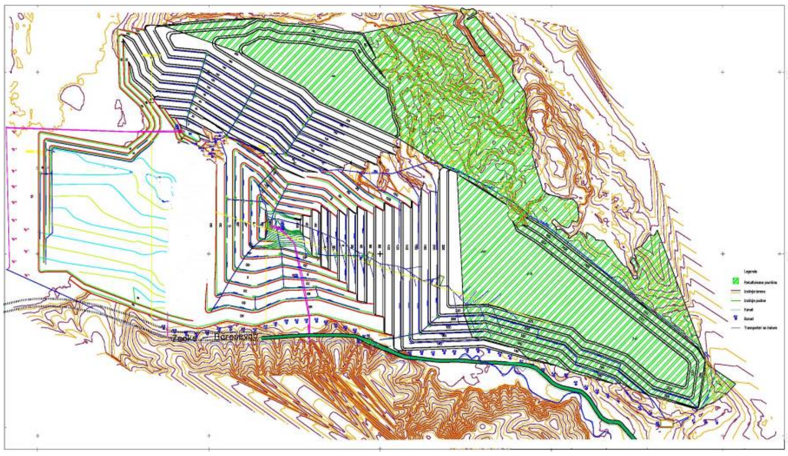
U analizi razvoja rudarskih radova u budućem periodu na površinskom kopu na jedinstvenom prostoru istočnog dela Kolubarskog ugljonosnog basena uzeto je stanje radova na kraju 2017. godine (po važećoj projektnoj dokumentaciji za površinske kopove Polje D i Polje C), prema kojoj se odlaganje jalovine sa sva tri kopa, Polje C, Polje D-Severozapadna kosina i Polje D-Južno krilo odlaže na unutrašnje odlagalište Polja D. Ovaj koncept odlaganja zadržan je i u nastavku eksploatacije posle 2017. godine, na radilištima Polje D-Severozapadni

deo i Polje D-Južno krilo do kraja eksploatacije. Kako se eksploatacija na Polju D-Severozapadni deo završava 2020. godine, a na Polju D-Južno Krilo (posle 2025. godine Polje E-krovinski sloj) 2049. godine to znači da ovo odlagalište egzistira praktično do kraja eksploatacije u ovom delu Kolubarskog basena.

Unutrašnje odlagalište površinskog kopa Polje D, se formira od kote 40 do kote 220 izuzev u malom delu na krajnjem jugu gde će se formirati etaže na kotama 0 i 20 m. Ugao završne kosine i sistema radnih kosina na odlagalištu je 8°, visina etaža 20 m, a širina bermi 100 m. Uglovi bočnih kosina etaža na odlagalištu su 30°.

Odlagalište na jedinstvenom prostoru površinskih kopova formira se od kote 160 do kote 240 m na prostoru Polja A, i dalje na zapad prati postojeći teren, pa je na prostoru Polja B od kote 120 do kote 240 m. Na prelazu iz otkopanog prostora Polja C u otkopani prostor Polja E odlagalište se formira od kote 0 do 240 m da bi na kraju eksploatacije površinskog kopa Polje E najniža etaža odlagališta bila na koti -120 m, a najviša na koti 240 m. Za ugao završne kosine na odlagalištu od 9°, visina etaža je 20 m a širina bermi 100 m, dok je za ugao sistema radnih kosina od 7,5° visina etaža je 20 m, a širina bermi je 125 m. Ugao bočnih kosina etaža na odlagalištu je 30°. Konstruktivni elementi odlagališta uzeti su na bazi iskustava iz Kolubarskog basena i na bazi proračuna zadovoljavaju uslove geomehaničke stabilnostia.

Konstrukcija odlagališta na jedinstvenom prostoru sa stanjem radova na kraju eksploatacije u istočnom delu Kolubarskog basena prikazana je na Slici 2.



Slika 2. Jedinstvena konstrukcija odlagališta na kraju eksploatacije u istočnom delu Kolubarskog basena

4. Analiza raspoloživog smeštajnog prostora za jalovinu na jedinstvenom prostoru istočnog dela Kolubarskog ugljonosnog basena

U proračunima su korišćeni podaci od 2015. godine koji su u vreme vršenja anlaize smeštajnog prostora bili konačni. Promene u ulaznim proizvodnim podacima, koje su nastale tokom 2016. godine su zanemarljivo male i ne utiču na konačne zaključke izvršene analize.

Proračun zapremina smeštajnog prostora za odlaganje rastresitih masa na odlagališta urađen je metodom etažnih ravni.

Količine otkrivke i jalovine koje se odlažu na unutrašnje odlagalište površinskog kopa Polje D i zapremine projektovanog unutrašnjeg odlagališta kopa Polje D po petogodišnjim periodima eksploatacije prikazane su u Tabeli 5.

Tabeli 5. Kubatura masa, dinamika odlaganja i zapremina smeštajnog prostora na unutrašnjem odlagalištu PK Polje D

Godine	**Jalovina (10^6 m^3)**	**Jalovina kumulativno (10^6 m^3)**	**Smeštajni prostor - Unutrašnje odlagalište PK Polje D (10^6 m^3)**
do 2020.	94	94	
PK Polje D-Sev.			
do 2020.	21	115	
PK Polje C			
do 2020.	36	151	153
do 2025.	69	220	228
do 2030.	77	297	300
do 2035.	75	372	376
do 2040.	72	444	449
do 2045.	22	**466**	**470**
PK Polje D-JK			

Količine otkrivke i jalovine koje se odlažu na jedinstveno unutrašnje odlagalište kopova Polje A, B, C i E i zapremine projektovanog jedinstvenog unutrašnjeg odlagališta po petogodišnjim periodima eksploatacije prikazane su u Tabeli 6.

Tabela 6. Kubatura masa, dinamika odlaganja i zapremina smeštajnog prostora na unutrašnjem odlagalištu kopova Polje A, B, C i E

Godine	**Jalovina (miliona m^3)**	**Jalovina kumulativno (miliona m^3)**	**Istočni deo basena Odlagalište B, C, E, F (m^3)**
do 2020.	12	12	**12**
do 2025.	199	211	**211**
PK C			
do 2030.	140	351	**352**

do 2035.	184	535	**537**
do 2040.	154	689	**691**
do 2045.	184	873	**876**
do 2050.	171	1.044	**1.047**
2045. PK F	12	1.056	**1.060**
do 2050.	37	1.093	**1.098**

Projektovano unutrašnje odlagalište površinskog kopa Polje D zapreminski je dimenzionisano tako da se na njemu mogu odložiti sve otkopane mase otkrivke i jalovine sa površinskih kopova Polje D-Severozapadni deo do kraja eksploatacije i Polje D-Južno krilo (posle 2025. godine, Polje E-Krovinski sloj) do 2042. godine i sa površinskog kopa Polje C za period eksploatacije do kraja 2020. godine.

Ukupna zapremina preostalog prostora za odlaganje posle 2015. godine je 470 miliona m^3, a zapremina masa koje se odlažu na ovom odlagalištu je 466 miliona m^3.

Projektovano odlagalište na jedinstvenom prostoru površinskih kopova Polje A, Polje B, Polje C i Polje E konstruisano je tako što je uz konstruktivne elemente odlagališta, kao uslov analizirano i maksimalno iskorišćenje postojećeg prostora u vlasništvu RB Kolubara.

Do kraja 2049. godine na ovom odlagalištu se odlaže 1,093 milijarde m^3 otkrivke i jalovine, a zapremina prostora za odlaganje je 1,098 milijardi m^3 uz napomenu da se ne zapunjava sav otkopani prostor površinskog kopa Polje E jer je analiziran perod do kraja njegove eksploatacije. Preostali prostor na ovom odlagalištu zapunjava se otkrivkom i jalovinom sa površinskog kopa Polje F.

Na bazi izvršene analize može se zaključiti da prostor unutrašnjeg odlagališta Polja D i jedinstveni prostor površinskih kopova Polja A, Polja B, Polja C i Polja E prostorno i zapreminski zadovoljavaju pouzdano odlaganje otkrivke i jalovine u narednom periodu do kraja eksploatacije površinskih kopova Polje D, Polje C i Polje E.

4.1. Analiza raspoloživog rezervnog smeštajnog prostora za otkrivku i jalovinu

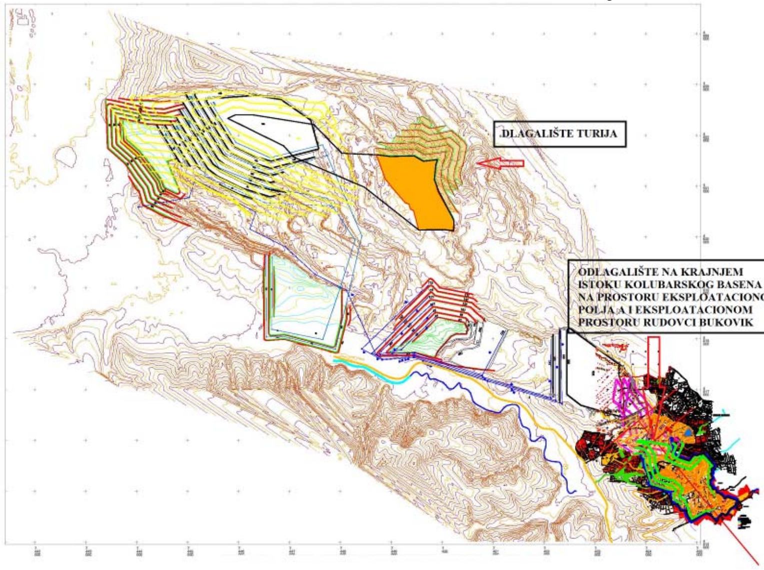
Pored analiziranog smeštajnog prostora za odlaganje otkrivke i jalovine do kraja eksploatacije na prostoru istočnog delg Kolubarskog basena a u kontekstu značajnih problema u vezi dinamike stabilizacije odlagališta na delu površinskog kopa Polje B, kao rezervni prostor za odlaganje analiziran je prostor odlagališta Turija kao i prostor na krajnjem istočnom delu eksploatacionog polja A i dalje u nastavku na istok na prostoru eksploatacionog polja Rudovci Bukovik, koje nije u vlasništvu RB

Kolubara.

Za konstrukciju odlagališta Turija korišćeni su konstruktivni elementi unutrašnjeg odlagališta Polja D, a za konstrukciju odlagališta na krajnjem istoku Kolubarskog basena konstruktivni elementi odlagališta na jedinstvenom prostoru Polja A, Polja B i Polja C. Konstrukcija ova dva odlagališta izvršena je u funkciji proračuna masa koje se mogu na ovim prostorima odložiti. Konstrukcija ova dva odlagališta prikazana je na Slici3.

Na bazi proračuna, na prostoru odlagališta Turija, mogući prostor za odlaganje, formiranjem najviše etaže na koti 220 m, je 62,6 miliona m^3, gde je moguće odložiti 52,2 miliona čm^3 jalovine. Ukoliko bi se na ovom odlagalištu formirala i etaža na koti 240 m, onda se na prostoru od 81,2 m^3 može odložiti 67,6 čm^3. Takođe, formiranjem etaže na koti 240 m na unutrašnjem odlagalištu Polja D i spajanjem sa odlagalištem Turija na koti 240 m, može se dobiti novih 35 miliona m^3 prostora, tako da se na prostoru odlagališta Turija spojenog sa unutrašnjim odlagalištem Polja D može odložiti ukupno 96,8 čm^3 jalovine.

Na bazi proračuna, formiranjem odlagališta od konture odlagališta na jedinstvenom prostoru Polja A, Polja B, Polja C i Polja, dalje na istok na prostoru eksploatacionog polja A i prostora eksploatacionog polja Rudovci-Bukovik, može se odložiti 39 miliona čm^3 jalovine.



Slika 3. Odlagalište Turija i potencijalno odlagalište na krjanjem istoku Kolubarskog basena

5. Zaključak

Usvojena dinamika Dugoročnim programom eksploatacije uglja u Kolubarskom basenu u periodu od 2015. do 2025. godine sa projekcijom za period 2025. do 2050. godine je polazna osnova za razvoj eksploatacije u istočnom delu Kolubarskog basena i ona je poslužila za sve dalje analize raspoloživog prostora za odlaganje otkrivke i jalovine u ovom delu basena.

Projektovana odlagališta na jedinstvenom prostoru konstruisana su tako što je uz konstruktivne elemente odlagališta, kao uslov analizirano i maksimalno iskorišćenje postojećeg prostora u vlasništvu RB Kolubara.

Na bazi izvršene analize može se zaključiti da prostor unutrašnjeg odlagališta Polja D i jedinstveni prostor površinskih kopova Polja A, Polja B, Polja C i Polja E prostorno i zapreminski zadovoljavaju pouzdano odlaganje otkrivke i jalovine u narednom periodu do kraja eksploatacije uglja u istočnom delu Kolubarskog basena.

Pored analiziranog smeštajnog prostora za odlaganje otkrivke i jalovine do kraja eksploatacije na prostoru istočnog delg Kolubarskog basena a u kontekstu značajnih problema u vezi dinamike stabilizacije odlagališta na delu površinskog kopa Polje B, kao rezervni prostor za odlaganje analiziran je prostor odlagališta Turija kao i prostor na krajnjem istočnom delu eksploatacionog polja A i dalje u nastavku na istok na prostoru eksploatacionog polja Rudovci Bukovik, koje nije u vlasništvu RB Kolubara.

Kako je pomenuto, analizirani prostor zapreminski obezbeđuje pouzdano odlaganje otkrivke i jalovine, sa rezervnim prostorom čak i rezervu od 10%. Međutim, treba naglastiti da se pre formiranja odlagališta na analiziranom prostoru moraju sprovesti mere snacije odlagališta na površinskom kopu Polje B i odlagališta Turija kao i izvršiti priprema terena za odlaganje na krajnjem istočnom delu eksploatacionog polja A i dalje u nastavku na istok na prostoru eksploatacionog polja Rudovci Bukovik. Tek sanacijom pomenutih odlagališta i pripremom terena za odlaganje stvorili bi se uslovi i za pouzdano odlaganje jalovine i otkrivke uistočnom delu Kolubarskog basena.

Literatura

1. Fondovska dokumentacija EPS, RB Kolubara

POZITIVNI EFEKTI ISKORIŠĆENJA PREDODVODNJAVANJA POVRŠINSKOG KOPA RAŠKOVAC ZA VLASTITE POTREBE

THE ADVANTAGES OF USING THE PRE-DEWATERING AT THE RAŠKOVAC OPEN PIT MINE FOR OWN PURPOSES

Mitović A.[1], Đurović M.[2]

Apstrakt

Odvodnjavanje površinskog kopa (PK) Raškovac od 1973. do 1992. godine se vršilo sistemom bušenih bunara, ukupno njih 18, koji su kasnije uništeni rudarskim radovima. Do danas u funkciji je ostao samo bunar BS-2, koji služi za vodosnabdijevanje naselja Stanari, dok je bunar BS-12 do 2016. korišten za pranje mašina i vozila na montažnom placu Rudnika. Odvodnjavanje PK Raškovac se nastavilo putem izgradnje vodosabirnika u najnižoj zoni kopa gdje su se sakupljale sve gravitirajuće površinske i atmosferske, kao i podzemne vode. Sistemom muljnih i centrifugalnih pumpi se voda iz vodosabirnika izbacivala van granica kopa u taložnike i dalje u najbliži lokalni recipijent. Sa takvom praksom se nastavilo i na lokacijama na kojima su otpočeli rudarski radovi, na površinskom kopu Dragalovci, Kopu 1 i novootvorenom Kopu 2.

Tokom 2006. i 2007. godine za potebe vodosnabdijevanja buduće termoelektrane (TE) na njenom platou su urađena tri bušena bunara. U 2010. godini zbog potrebe odvajanja Rudnika sa vodovoda Stanari došlo je do izgradnje sopstvenog vodozahvata BS-1/10 sa pratećim cjevovodom. Za potrebe razvoja kopa i otvaranje dva manja revira Kop 1

[1] Mitrović Aleksandra, EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari, Stanari
[2] Đurović Mirjana, EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari, Stanari

i Kop 2, kao i njihovog predodvodnjavanja do 2015. godine urađena su tri nova pijezometra i dva bunara. Kako se voda od predodvodnjavanja kopova ne bi samo ispuštala u lokalni recipijent, došlo se na ideju koja je i realizovana, da se ta voda iskoristi za rezervno vodosnabdijevanje TE i kao tehnička voda za potrebe objekata na Rudniku i TE Stanari.

***Ključne riječi*:** Bunari, odvodnjavanje, vodosnabdijevanje, cjevovod

Abstract

From 1973 to 1992 dewatering at the Raškovac open pit mine was carried out by a system of drilled water wells, altogether 18 of them, which were later destroyed by mining works. Up to the present time only one well BS-2 has remained in the use for the water supply system of the settlement Stanari, while until 2016 the well BS-12 was used when washing machines and vehicles on the mine assembly site. The dewatering at Raškovac open pit continued through the construction of water collecting system in the open pit lowest zone where all gravitating surface water and atmospheric water, as well as groundwater were collected. By the system of sludge and centrifugal pumps the water from water collecting system was ejected out of the open pit into precipitators and further into the nearest local recipient. This method continued to be in use also on the locations where the mining works had started, on the open pit mine Dragalovci, Kop 1 and the newly opened Kop 2.

During 2006 and 2007 three wells were drilled on the site meant for the construction of TPP for the needs of future termo power plant (TPP) water supply system. In 2010 due to the necessity of separating the mine from the Stanari water supply system, the well BS-1/10 and its accompanying pipeline were made. In order to fulfil the needs of the open pit development and the opening of two smaller open pits Kop 1 i Kop 2, as well as their pre-dewatering system, three new piezometers and two wells were drilled until 2015. So as not to release the water from the pre-dewatering system only into the local recipient, there was an idea, which was later carried out, to use that water for the reserve water supply of the TPP and as technical water for the mine and TPP Stanari facitities.

***Key words*:** wells**,** dewatering, water supply system, pipeline

1. Uvod

Jedan od osnovnih uslova za siguran rad rudarske mehanizacije i opreme i postizanje njihovog optimalnog kapaciteta na otkopavanju otkrivke i uglja je obezbijeđena odvodnjena radna sredina. Zbog toga se radno

područje mora kako na pouzdan tako i ekonomičan način zaštititi od površinskih i podzemnih voda.

Hidrogeološka istraživanja do 2006. godine na PK Raškovac su uglavnom vršena za potrebe odvodnjavanja kopa. Za tu potrebu urađen je sistem bunara i to u dva navrata: 1973. godine i 1984. godine. Urađeno je ukupno 18 bunara sa prečnikom čelične bunarske konstrukcije Ø324/309.

Ovi bunari su kaptirali podinsku izdan u okviru ugljenog sloja. Do danas u funkciji je ostao samo bunar BS-2, koji služi za vodosnabdijevanje naselja Stanari, dok je bunar BS-12 do 2016. korišten za pranje mašina i vozila na montažnom placu Rudnika.

U 2006/2007. godini relizovan je hidrogeološki projekat vezan za vodosnabdijevanje tada buduće termoelektrane i za te potrebe urađeno je 10 pijezometara i 3 bunara. Od 2006. godine se započelo sa redovnim kako hidrogeološkim tako i hidrološkim i meteorološkim monitoringom za čije potrebe je na PK Raškovac instalirana meteorološka stanica kojom se mogu svakodnevno pratiti temperatura, pritisak i vlažnost vazduha. Takođe za iste potrebe je instaliran i kišomjer za mjerenje količine padavina koja padne na kopu i prostoru termoelektrane.

Zbog potrebe za vlastitim vodosnabdijevanjem Rudnika u 2010. godini je urađen bunar BS-1/10 sa pratećim cjevovodom. Izradom ovog bunara i njegovim puštanjem u rad Rudnik se odovojio od lokalnog vodovoda naselja Stanari.

Istražnim geološkim radovima, koja su izvršena u 2013. godini, PK Raškovac je sjeveroistočno proširen na još dva manja kopa: Kop 1 i Kop 2. Zbog otvaranja novih kopova javila se potreba za proširenjem eksploatacione granice za vodu što je i realizovano dobijanjem Rješenja od nadležnog ministarstva, 06.02.2014. godine, kojim se Koncesionaru (u ovom slučaju EFT-Rudniku i Termoelektrani Stanari d.o.o) odobrava eksploataciono polje Dragalovci-Raškovac.

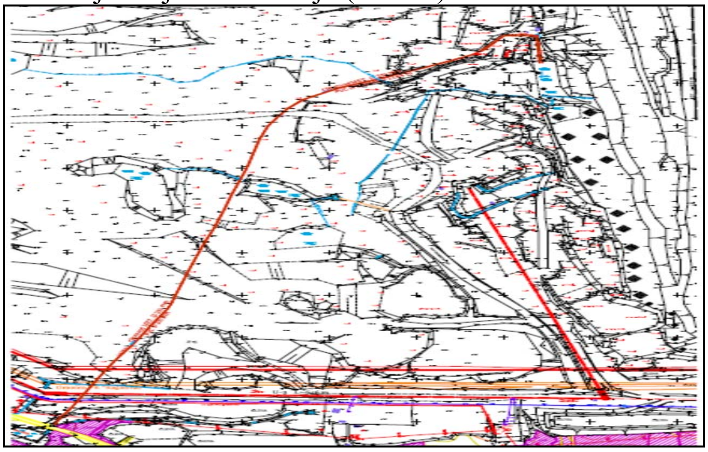
2. Opis postojećeg sistema odvodnjavanja

Saglasno važećim projektima sistem odvodnjavanja PK Raškovac se sastoji iz glavnog vodosabirnika i dva taložnika. Radne etaže na uglju i otkrivci su zaštićene od površinskih voda zaštitnim kanalima, a na radnim etažama uglja izrađuju se privremeni vodosabirnici. Sve vode koje prihvate zaštitnim etažnim kanalima i privremenim vodosabirnicima usmjeravaju se prvo u taložnike, a zatim u glavni vodosabirnik.

Glavni vodosabirnik je formiran u najnižoj zoni podine uglja. U njega preko preliva dolazi voda iz dva taložnika u kojima se vrši

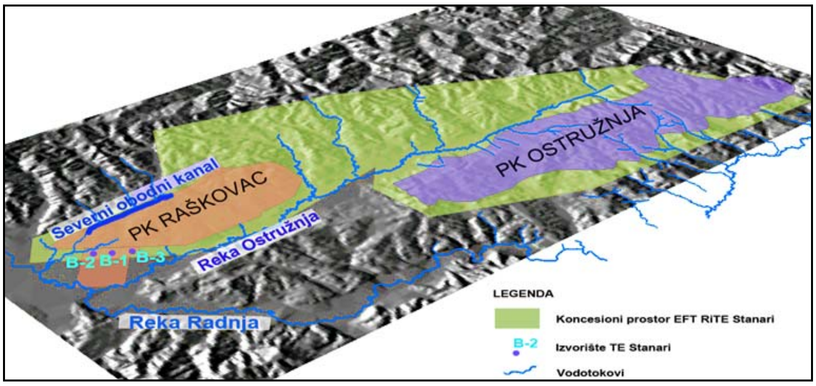
taloženje suspendovanih zrna pijeska. U taložnike su usmjerene sve površinske vode sa radnih etaža uglja, otkrivke i odlagališta. Iz glavnog vodosabirnika se voda ispumpava sa centrifugalnim pumpama koje u serijskoj vezi rade sa po jednom potapajućom (muljnom) pumpom radi savladavanja geodetske visine.

Voda se sa dva potisna cjevovoda, plastičnim Ø200 mm i metalnim Ø250 mm, prepumpava izvan južne granice kopa. Voda se prvo usmjerava u prelivne taložnike u kojima se vrši taloženje suspendovanih zrna pijeska, nakon čega voda odlazi u stalni kanal, odnosno potok Mrljevinu i dalje u rijeku Ostružnju (Slika 1).



Slika 1. Sadašnja pozicija objekata za odvodnjavanje površinskog kopa Raškovac

Drugi objekat koji je u funkciji zaštite kopa od površinskih voda je sjeverni obodni kanal. Za zaštitu radne zone kopa od priliva gravitirajućih vodotokova sa sjevera duž sjeverne granice kopa izrađen je zaštitni obodni kanal. Specifičnost PK Raškovac je u tome što je ispresjecan sa više prirodnih vodotokova koji gravitiraju sa sjeverne strane i protiču preko eksploatacionog prostora (Slika 2). Napredovanjem otkopnog fronta, vršeno je sukcesivno presjecanje ovih vodotoka i njihovo skretanje u sjeverni obodni kanal. Sjeverni obodni kanal se saglasno projektnoj dokumentaciji izvodio u fazama, prethodeći napredovanju fronta rudarskih radova prema zapadu.



Slika 2. Reljefna karta sa prikazom hidrografske mreže područja i sjevernim obodnim kanalom za odvodnjavanje PK Raškovac

3. Hidrogeološka istraživanja i priprema za vodosnabdijevanje Termoelektrane Stanari

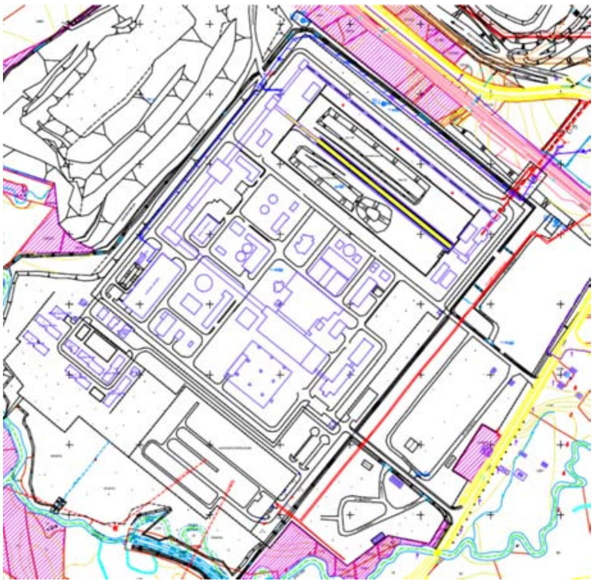
Realizaciji projekta vodosnabdijevanja TE Stanari prethodila su detaljna hidirogeološka istraživanja ležišta pitke i industrijske vode Dragalovci za potrebe planirane TE Stanari u 2006. godini kada su urađena tri pijezomtra i jedan istražno-eksploatacioni bunar IEB-1. Navedena istraživanja su nastavljena u 2007. godini kada je urađeno još osam pijezometara i dva eksploataciona bunara: B-2 i B-3 (Slika 3).

Na osnovu ovih projektovanih istraživanja iste godine je urađen Elaborat o rezervama i kvalitetu pitke i industrijske vode ležišta Dragalovci kod Stanara. Sva ova projektna dokumentacija kojoj se još mora dodati i Predstudija ekonomske opravdanosti samoinicijativnog zahtjeva za koncesiju na istraživanje pitke i industrijske vode ležišta Dragalovci za potrebe buduće TE Stanari, koja je urađena u 2006. godini, je prethodila podnošenju samoinicijativnog zahtjeva za koncesiju na istraživanje pitke i industrijske vode ležišta Dragalovci za potrebe buduće TE Stanari.

U novembru 2007. godine u Banja Luci je između Vlade Republike Srpske, Ministarstvo privrede, energetike i razvoja i EFT-Termoelektrana Stanari d.o.o. Stanari zaključen Ugovor o koncesiji za istraživanja i eksploataciju pitke i industrijske vode na ležištu Dragalovci, *Opštin*a Doboj.

Na osnovu Elaborata o rezervama i kvalitetu pitke i industrijske vode ležišta Dragalovci kod Stanara, Opština Doboj, Ministarstvo industrije, energetike i rudarstva je donijelo Rješenje kojim su priznate

rezerve i kvalitet pitke i industrijske vode.

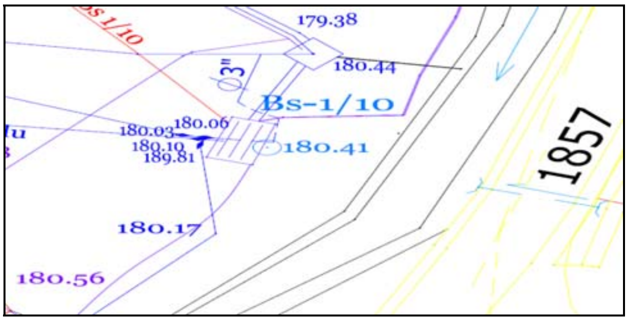


Slika 3. Prikaz položaja bunara B-1, B-2 i B-3 na platou Termoelektrane

4. Potrebe Rudnika za vlastitim vodosnabdijevanjem

Zbog potrebe Rudnika za vlastitim vodozahvatom u 2010. godini su izvršene određene aktivnosti na izradi istog, tj reversnog bunara BS-1/10 prečnikom Ø620, dubine 67 m. U njega je ugrađena bunarska konstrukcija prečnika Ø273.

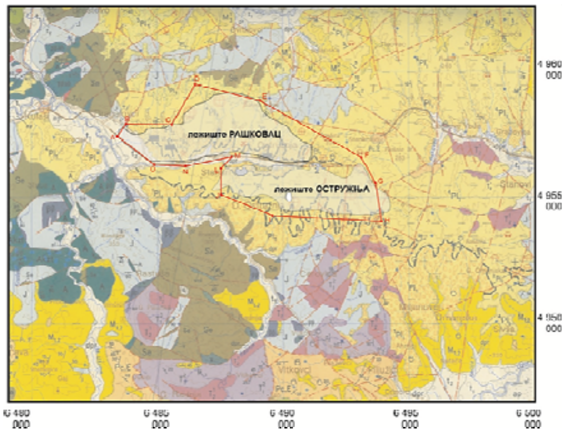
Nakon izrade novog bunara, BS-1/10, njegove razrade i testiranja urađena je vodovodna mreža u dužini od oko 1330 m kojom je bunar spojen sa tadašnjom upravnom zgradom, montažnim placem, separacijom, mašinskom i elektro radionicom. Neposredno prije puštanja ovog bunara i novog vodovoda u rad izvršeno je prespajanje instalacija vodovoda na svim mjestima na kojima je to bilo potrebno i prelazak Rudnika sa lokalnog na sopstveni vodovod (Slika 4).



Slika 4. Bunar BS-1/10 iz 2010. godine urađen za vlastito vodosnabdijevanje

5. Geološka istraživanja sjeveroistočnog dijela ležišta Raškovac i otvaranje Kopova 1 i 2

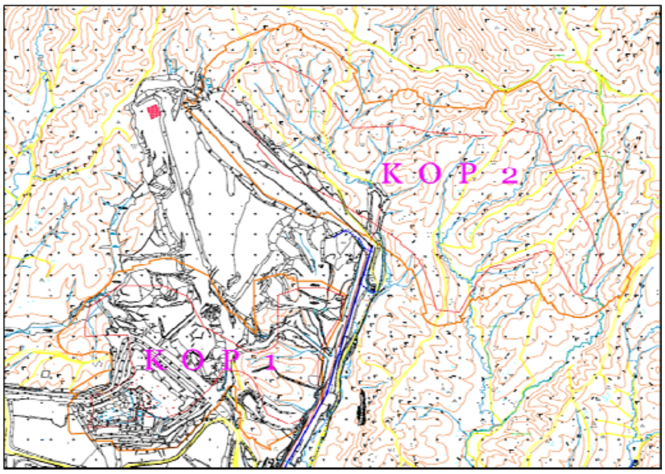
Tokom 2013. godine u sjeveroistočnoj zoni ležišta Raškovac su u dvije faze izvedena dopunska geološka, geotehnička i hidrogeološka istraživanja (Slika 5). U prvoj fazi istraživanja izvedeno je ukupno 45 istražnih bušotina, u ukupnom intervalu od 2613 m, dok je u drugoj fazi izvedeno sedam istražnih bušotina koje su skoncetrisane u obodnom južnom dijelu Zone I (Kop 1), u ukupnom obimu od 315 m.



Slika 5. Pregledna geološka karta šire okoline Stanarskog basena (Izvor: OGK List Derventa L 33-120, 1:100.000)

Prema rezultatima doistraživanja izvršeno je okonturenje dva površinska kopa u ovom dijelu ležišta na kojima će se vršiti eksploatacija uglja, Kop 1 gde će se eksploatacija vršiti isključivo diskontinualnom

tehnologijom i Kop 2, gdje bi se eksploatacija vršila kontinualnom i diskontinualnom tehnologijom (Slika 6). Rudarski radovi na PK Raškovac koji su predmet Dopunskog rudarskog projekta eksploatacije uglja na PK Raškovac u period od 2016-2020. godine, uglavnom će se i odvijati u sjevernom-sjeveroistočnom obodnom dijelu ugljonosnog basena Stanari, odnosno u novim proširenim konturama PK Raškovac (Kop 1 i Kop 2).



Slika 6. Granice Kopa 1 i Kopa 2

6. Proširenje granica eksploatacionog polja podzemne vode

Aktuelnim Dopunskim rudarskim projektom je na prethodno opisan način predviđena zaštita radnih zona PK Raškovac od unutrašnjih i spoljnih voda na način koji je primjenjivan u praksi odvodnjavanja u prethodnih godinama. Međutim, već pri istražnim radovima koji su vršeni u sjeveroistočnom dijelu PK Raškovac moglo se vidjeti da takvo odvodnjavanje neće biti dovoljno kod otvaranja novih otkopnih zona kopova Kop 1 i Kop 2, odnosno da dosadašnje mjere nisu dovoljne za efikasno odvodnjavanje i obezbjeđivanje potrebnih uslova za efikasan rad rudarske opreme za otkopavanje otkrivke i uglja. Pojava podzemnih voda u subarterskom režimu na površini terena umnogome otežava rudarske radove na Kopu 1 i Kopu 2. To je dovelo do potrebe za uvođenjem dopunskih mjera zaštite radne zone od voda. Zbog toga su hidrogeološka istraživanja koja su započela u 2012. godini na osnovu Projekta dopunskih detaljnih hidrogeoloških istraživanja za potrebe odvodnjavanja PK Raškovac, nastavljena i u 2013. godini.

Na osnovu dobijenih rezultata i urađenog Elaborata o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi i kvalitet podzemne vode u granicama eksploataciong polja Dragalovci i Raškovac u Stanarima, kao i Ugovora o koncesiji, od nadležnog Ministrarstva je traženo proširenje eksploatacionog polja podzemn vode što je početkom 2014. godine i dobijeno. Nadležno Ministarstvo je izdalo Rješenje kojim se odobrava ekploatacionо polje podzemne vode Dragalovci i Raškovac u Stanarima (Slika 7).



Slika 7. Skica odobrenog istražnog prostora - eksploatacionog polja Dragalovci-Raškovac

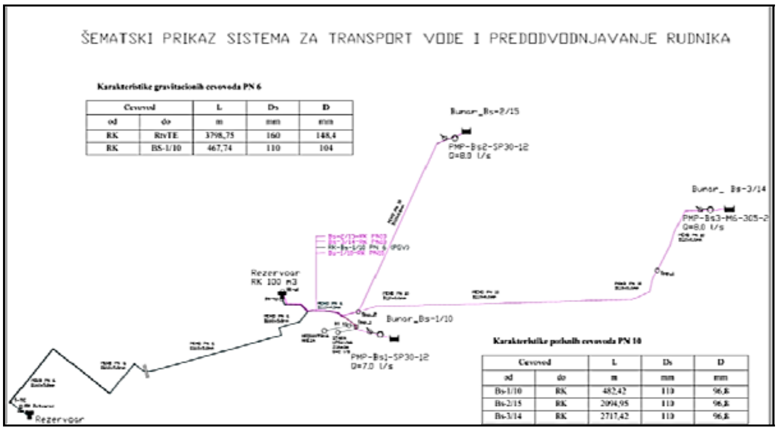
7. Iskorišćenje predodvodnjavanja za rezervno vodosnabdijevanje TE

Na osnovu rezultata hidrogeoloških istraživanja izvedenih prema Projektu dopunskih detaljnih hidrogeoloških istraživanja za potrebe odvodnjavanja PK Raškovac i dobijenog Rješenja o proširenju granice eksploatacionog polja podzemne vode, pristupilo se izradi Izmjena i dopuna Dopunskog rudarskog projekta eksploatacije uglja na PK Raškovcu u periodu od 2016-2021. godine - Predodvodnjavanje, koji je dao tehnička rješenja za iskorištenje vode preodvodnjavanja Kopa 1 i Kopa 2 za vlastite potrebe Rudnika i TE Stanari (Slika 8).

Ovim projektom je predviđena izrada dva nova bunara (BS-3 i BS-2). Projektovanju ova dva bunara je prethodila izrada po jedne osmatračke bušotine (pijezometra) u njihovoj neposrednoj blizini. Takođe je planirano da se za potrebe odvodnjavanja površinskig kopa novim bunarima pridruži i bunar BS-1/10. Uzimajući u obzir da je optimalni kapacitet dva nova bunara zajedno sa bunarom BS-1/10 oko 20 l/s došlo se na ideju koja je projektom Izmjena i dopuna DRP-Predodvodnjavanje i realizovan, a to je da se voda od predodvodnjavanja iskoristi za rezervno vodosnabdijevanje TE Stanari tehničkom vodom.

Sistem predodvodnjavanja površinskog kopa je riješen tako da se voda zahvaćena iz bunara BS-1, BS-3 i BS-2 bunarskim pumpama kroz

potisni cjevovd potiskuje u rezervoar čija je zapremina 100 m^3. Njegova lokacija je na južnoj strani unutrašnjeg odlagališta kopa Raškovac na koti koja obezbjeđuje dovoljnu visinsku razliku za gravitacioni transport vode u optimalnom hidrauličkom režimu do postojećeg rezervoara tehničke vode na platou termoelektrane.



Slika 8. Šematski prikaz sistema za transport vode i predodvodnjavanje Rudnika

Na ovaj način je obezbijeđena mogućnost povezivanja bunara predodvodnjavanja u jedinstven sistem vodosnabdijevanja Rudnika i Termoelektrane. Voda od predodvodnjavanja se preko odgovarajućih ispusnih šahtova može alternativno upustiti i u potok Raškovac kao najbliži recipijent.

8. Zaključak

Prikazanim riješenim odvodnjavanjem PK Raškovac (Kop 1 i Kop 2), sem snižavanja nivoa podzemnih voda i obezbjeđivanja odvodnjene radne sredine koja omogućava nesmetan rad rudarske mehanizacije, obezbjeđene su i dodatne sigurne rezerve tehničke vode za TE. One, zajedno sa rezervama iz bunara koji su urađeni isključivo za vodosnabdijevanje TE, obezbjeđuju njen siguran rad. Prikaz ovjerenih rezervi podzemnih voda dat je u Tabeli 1.

Tabela 1. Prikaz ovjerenih rezervi podzemnih voda nalazišta Dragalovci-Raškovac

Bilansnost	**Kategorija istraženosti**	**l/s**	**Udio (%) u bilansnim rezervama**	**m^3/godišnje**
Bilansne	A	30,26	63,05	954.279,36
Bilansne	B	12,57	26,19	396.407,52
Bilansne	C_1	5,16	10,76	162.725,76
Ukupne bilansne rezerve (A+B+C_1)	**A+B+C_1**	**47,99**	**100,00**	**1.513.412,64**

Literatura

1. IPIN d.o.o. Bijeljina: Projekat dopunskih detaljnih hidrogeoloških istraživanja za potrebe odvodnjavanja PK, Raškovac EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari, 2012.
2. IPIN d.o.o. Bijeljina: Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi i kvaliteta podzemne vode nalazišta Dragalovci-Raškovac u Stanarima, opština Stanari, sa stanjem na dan 30.03.2017. godine, 2017.
3. Rudarski institut, Banja Luka, Dopunski rudarski projekat eksploatacije uglja na PK Raškovac u periodu od 2016-2021. godine
4. IPIN d.o.o. Bijeljina: Izmena i dopuna Dopunskog rudarskog projekta eksploatacije uglja na PK Raškovac u periodu 2016-2021. – Predodvodnjavanje, 2016.

RAZVOJ EKSPLOATACIJE UGLJA U UGLJONOSNIM BASENIMA EPS ZA PERIOD DO 2025. GODINE

DEVELOPMENT OF COAL MINING IN COAL BEARING BASINES OF EPS FOR THE PERIOD UNTIL 2025

Mitrović S.[1], Milijanović D.[2],. Jakovljević M [3], Tašić I.[4]

Apstrakt

Na osnovu Zakona o rudarstvu ali i zbog značajnih geoloških i eksploatacionih rezervi Kolubarskog i Kostolačkog basena uglja i njihovog energetskog značaja za energetsku nezavisnost Republike Srbije proistekla je potreba za strateškom analizom za dugoročno održivom eksploatacijom uglja iz ovih basena. Rezultat strateške analize je Dugoročni program eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS kojim je definisan strateški plan koji omogućava realizaciju optimalne dinamike eksploatacije i maksimalno iskorišćenje svih resursa ugljenom sektoru, a u skladu sa razvojnom politikom EPS.

U ovom radu prikazan je strateški pristup razvoja eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS do 2025. godine.

Ključne reči: površinska eksploatacija uglja, strategija, upravljanje, kontrola, praćenje

[1] Mitrović Slobodan, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd
[2] Milijanović Dejan, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd, Ogranak RB Kolubara
[3] Jakovljević Milan, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd
[4] Tašić Ivan, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd, Ogranak TE-KO Kostolac

Abstract

Pursuant to the Law on Mining, as well as due to the significant geological and mining reserves of the Kolubara and Kostolac coal basins and their energy importance for the energy independence of the Republic of Serbia, originate a need for strategic analysis for the long-term sustainable mining of coal from these basins. The result of the strategic analysis is the Long-Term Coal Mining Program in the Coal Bearing Basins of EPS, which defines a strategic plan that enables the realization of optimal schedule of mining and maximum utilization of all resources for the coal sector, in accordance with the development policy of EPS.

This paper presents a strategic approach to the development of coal mining in coal bearing basins of EPS until 2025.

Key words: surface mining of coal, strategy, management, control, monitoring

1. Uvod

Dugoročni program eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS urađen je na bazi zakonske obaveze koja proističe iz važećeg Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima, a po obimu i sadržaju usaglašen je sa važećim Pravilnicima. Shodno Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima, Dugoročni program eksploatacije se izrađuje za period od najmanje deset godina, a sa aspekta važećih Pravilnika, po obimu i sadržaju predstavlja ***strateški plan*** razvoja eksploatacije.

2. Strateški plan razvoja eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS za period do 2025. godine

Resursi uglja su od izuzetnog značaja za razvoj energetike i ukupnu ekonomiju Srbije i najznačajniji su domaći energetski potencijal, jer u strukturi ukupnih rezervi primarne energije učestvuju sa oko 85%. Najznačajniji resursi uglja nalaze se u Kolubarskom i Kostolačkom basenu iz kojih se površinskom eksploatacijom, dobija nešto manje od 40 miliona t uglja godišnje.

S obzirom na ukupni značaj za dalji razvoj energetike i energetsku nezavisnost i sigurnost Republike Srbije, razvojne opcije površinske eksploatacije uglja u Kolubarskom i Kostolačkom basenu, sagledane su sa aspekta razvojnih opcija Elektroprivrede Srbije i državne energetske strategije. Prema Strategiji razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine, planirana je izgradnja novih termoenergetskih kapaciteta na ugalj

snage 700 MW do 2025. godine (od čega je Kostolac B3 snage 350 MW do 2020. godine). Takođe, ovom Strategijom predviđen je i porast potrošnje električne energije od oko 5,7 % do 2020. godine, odnosno 10,5 % do 2025. i 16,3 % do 2030. godine. Osim pomenutog, analizira se i gašenje veoma starih i neefikasnih blokova A1 i A2 u TE Nikola Tesla kao i blokovi u TE Kolubara A i Morava koji se snabdevaju ugljem iz Kolubarskog basena.

Generalno, u Strategiji razvoja energetike Republike Srbije za period do 2025. godine sa projekcijama razvoja do 2030. godine, razvoj energetike i u narednom dugoročnom periodu baziran je na neobnovljivim resursima uglja kao dominantnoj energetskoj sirovini za dobijanje električne energije. Iz ovog proizilazi da razvoj površinske eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS i u budućem planskom periodu treba da obezbedi pouzdano snabdevanje postojećih i novih termoenergetskih kapaciteta.

2.1. Plan razvoja eksploatacije uglja

Programom, kao strateškim dokumentom su jasno definisani uslovi i predviđene mere za realizaciju potrebnog nivoa proizvodnje uglja kako bi se obezbedila sigurnost elektroenergetskog sistema Republike Srbije i razvojna održiva strategija EPS. Sigurna i stabilna proizvodnja uglja iz ugljonosnih basena EPS je ključni oslonac i preduslov u ostvarivanju bilansa proizvodnje električne energije u Republici Srbiji jer se iz Kolubarskog basena lignitom snabdevaju TE Nikola Tesla A, TE Nikola Tesla B, TE Kolubara i TE Morava sa ukupno instalisanom snagom od 3.285 MW a iz Kostolačkog basena TE Kostolac instalisane snage 1.050 MW.

Da bi se ovi ciljevi ostvarili, za Kolubarski basen verifikovana je koncepcija eksploatacije uglja ujednačenog kvaliteta sa maksimalnim mogućnostima godišnje proizvodnje u istočnom delu basena do $15*10^6$ tona, a u zapadnom delu basena do $25*10^6$ tona, dok je za Kostolački basen verifikovana koncepcija eksploatacije uglja sa maksimalnim mogućnostima godišnje proizvodnje od $12*10^6$ tona sa površinskog kopa Drmno uz obuhvatanje svih raspoloživih rezervi ovog ležišta u funkciji rada postojećih i budućih termokapaciteta. S obzirom da je ovim strateškim dokumentom obuhvaćena i projekcija razvoja oba basena i posle 2025. godine, planirane maksimalne godišnje proizvodnje uglja odnose se i na period projekcije razvoja do 2050. godine. U Tabeli 2.1 prikazane su dinamike eksploatacije uglja u Kolubarskom i Kostolačkom basenu za period do 2025. godine.

Tabela 2.1. Dinamika eksploatacije uglja u Kolubarskom i Kostolačkom basenu u periodu 2017. do 2025. godine ($*10^6$ t)

Površinski kop	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.	2024.	Ukupno
TZ Polje	15,5	12	12,5	13	12	11	11	11	**98**
Polje C	3	2,5	3	5	6	6	6	6	**37,5**
D-E (J. Krilo)	4	3	3,5	5	5	5	5	5	**35,5**
D (SZ, Vreoci)	7,5	7,5	6	/	/	/	/	/	**21**
Polje G	0	4	4	6	3	3	3	3	**26**
Radljevo	0	0	0	0	3	4	4	4	**15**
Drmno	9,5	8,1	8,2	10,7	10,7	10,7	10,8	9,2	**77,9**
Ukupno	**39,5**	**37,1**	**37,2**	**39,7**	**39,7**	**39,7**	**39,8**	**38,2**	**310,9**

Prema planiranoj dinamici eksploatacije uglja, godišnja proizvodnja uglja u Kolubarskom basenu iznosi $29*10^6$ tona a u Kostolačkom basenu u proseku $9,5*10^6$ tona (od $8,1*10^6$ do $10,7*10^6$ tona uglja u zavisnosti puštanja u rad novih i gašenja starih termokapaciteta). Treba napomenuti da je za oko $233*10^6$ tona uglja u Kolubarskom basenu u periodu do 2025. godine potrebno otkopati i oko $597*10^6$ čm^3 otkrivke i jalovine. Takođe, u Kostolačkom basenu za oko $80*10^6$ tona uglja potrebno je otkopati $350*10^6$ čm^3 otkrivke i jalovine. Ova dinamika eksploatacije uglja, projekcijom razvoja do 2050. godine, za Kolubarski basen planirana je do 2040. godine a za Kostolački basen do 2037.

Plan razvoja eksploatacije uglja u istočnom delu Kolubarskog basena baziran je na jedinstvenom prostoru ležišta Polje C, D i E (imajući u vidu geološke karakteristike i pružanje ugljenih slojeva prostor ovih ležišta može se smatrati pre kao jedinstveno istražno-eksploataciono polje nego pojedinačna ležišta). Zapadni deo Kolubarskog basena analiziran je po eksploatacionim poljima pojedinačno za Polje G, Tamnava-Zapadno Polje i Polje Radljevo.

Površinski kopovi Polje C, Polje D-Severozapadni deo, Polje D-Južno krilo (Polje E) i Tamnava-Zapadno Polje su aktivni površinski kopovi Kolubarskog basena uglja, dok na površinskom kopu Polje G otkopavanje otkrivke počinje 2017. godine, a na površinskom kopu Radljevo 2019. godine. U planskom periodu do 2025. godine u istočnom delu Kolubarskog basena eksploatacija će se završiti na površinskom kopu Polje D deo (2020. god.) i površinskom kopu Polje C (početak 2026. god.).

Verifikovana koncepcija eksploatacije uglja ujednačenog kvaliteta sa maksimalnim mogućnostima godišnje proizvodnje u istočnom delu basena do $15*10^6$ tona, a u zapadnom delu basena do $25*10^6$ tona u potpunosti, sa rezervom od oko 30%, zadovoljava projektovanu dinamiku

eksploatacije, odnosno zahtevanu godišnju proizvodnju uglja koja je usaglašena sa proizvodnim termokapacitetima u periodu do 2025. godine ali i stvara realnu osnovu za dalji razvoj energetskog sektora izgradnjom zamenskih i novih termoenergetskih kapaciteta.

Koncepcija razvoja Kostolačkog basena usaglašena je sa postojećim planom proizvodnih termokapaciteta TE Kostolac i bazirana je na eksploataciji uglja sa površinskog kopa Drmno. Verifikovana koncepcija eksploatacije uglja sa maksimalnim mogućnostima godišnje proizvodnje od $12*10^6$ tona sa ovog površinskog kopa, uz obuhvatanje svih raspoloživih rezervi uglja omogućuje pouzdan rad postojećih termokapaciteta i rad novog bloka od 2020. godine snage 350 MW.

Kao opcija, u slučaju izgradnje zamenskih i novih termokapaciteta na prostoru Kostolačkog basena, analiziran je razvoj površinske eksploatacije uglja u zapadnom delu basena gde do sada nije vršena eksploatacija uglja. Koncepcijski, razvoj eksploatacije uglja u ovom delu basena podrazumeva otvaranje i razvoj dva nova površinska kopa. Dinamika aktivnosti vezanih za eksploataciju uglja u zapadnom delu Kostolačkog basena nije definisana i zavisi od planova razvoja energetskog sektora.

Osnova za koncepciju razvoja eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS su rezerve uglja, koje su utvrđene u Kolubarskom basenu u iznosu od oko 2 milijarde tona bilansnih A+B+C1 kategorija, oko 500 miliona tona vanbilansnih i nešto preko 382 miliona tona potencijalnih rezervi a u Kostolačkom basenu u iznosu od oko 870 miliona tona bilansnih B+C1 kategorije, 522 miliona tona vanbilansnih i 240 miliona tona uglja potencijalnih rezervi. Za predviđenu i usvojenu dinamiku razvoja eksploatacije u oba basena postoje odgovarajuće bilansne, geološke i eksploatacione rezerve uglja za dugoročni rad površinskih kopova i posle 2050. godine, uz dalje detaljnije istraživanje ležišta i izradu odgovarajuće tehno-ekonomske dokumentacije u skladu sa strateškim opredeljenjima EPS.

Kada je reč o održivom razvoju Kolubarskog i Kostolačkog basena, koji uključuje osim rudarske, ekonomsku, ekološku i sociološku komponentu, planirani razvoj definisan je u funkciji ukupnog kvaliteta uglja kao gotovog proizvoda za sadašnje i buduće termoelektrane uz maksimalno iskorišćenje neobnovljivog resursa uglja i najmanje negativne ekološke i sociološke uticaje eksploatacije.

2.2. Plan realizacije razvoja eksploatacije uglja

Za realizaciju Dugoročnog programa eksploatacije uglja u ugljonosnim

basenima EPS, kao strateškog plana definisan je niz programa sa sledećim ciljevima:

- sigurno i pouzdano snabdevanje termoelektrana ugljem,
- maksimalno iskorišćenje ležišta,
- zaštita životne sredine, sanacija i rekultivacija rudarskih objekata,
- smanjen sociološki uticaj,
- ekonomska efektivnost i efikasnost,
- povećanje organizacionog kapaciteta sektora uglja u EPS i
- profitabilnost.

S obzirom na postojeće stanje površinske eksploatacije u Kostolačkom i Kolubarskom basenu, posebno kada je reč o razvoju površinskih kopova u istočnom delu Kolubarskog basena, programi realizacije strategije su svrstani u prvi prioritet (za period 2015-2020. godina) i drugi prioritet (za period 2021-2025. godina). Ovi programi, po prirodi stvari obuhvataju veliki broj koordnisanih i sinhronizovanih aktivnosti na nabavci i montaži nove opreme, revitalizaciji postojeće opreme, izmeštanju značajnih infrastrukturnih objekata, otvaranju i izgradnji novih površinskih kopova, sanaciji delova pojedinih aktivnih površinskih kopova i odlagališta, redizajnu organizacije i poslovnih procesa i sa strateškog aspekta u tesnoj su vezi sa izradom potpuno determinisanog akcionog plana. Naime, u ovoj strategiji dat je akcioni plan na konteksnom nivou koji po obimu obuhvata sve potrebne aktivnosti koje se moraju realizovati u određenim rokovima kako bi se uspešno realizovala i sama strategija. Ovaj akcioni plan prati i odgovarajući plan investicija. Imajući u vidu konteksni nivo aktivnosti i investicija realizacije strategije, kako bi ona postala potpuno operativna i kako bi obezbedila planirani željeni nivo razvoja eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS, neophodno je u kratkom roku determinisati akcioni plan sa najvišim nivoom detaljnosti projekata i projektnih aktivnosti i sinhronizovanja aktivnosti realizacije. Osim izrade detaljnog akcionog plana neophodno je i definisati projektnu organizaciju realizacije velikog broja strateških programa i projekata u, za rudarstvo kratkom roku do 2025. godine. Takođe, definisane aktivnosti akcionog plana treba da prate i potrebne, realno i detaljno sagledane investicije za njihovu realizaciju. Ovako definisan akcioni plan realizacije strategije potrebno je u kontinuitetu preispitivati sa aspekta njegove evaluacije posebno zbog nivoa i dinamike ukupnih promena (dinamike realizacije, tržište kapitala, devizi kurs i tako dalje).

2.3. Investicije u planirani razvoj i efikasnost investicionih ulaganja

Potrebna ulaganja za realizaciju planiranog razvoja i same dinamike eksploatacije uglja i otkrivke u istočnom i zapadnom delu Kolubarskog u periodu od 2015. do 2020. godine iznose 659 miliona €, a u periodu od 2021. do 2025. godine 314 miliona €. U Tabeli 2.2 dat je pregled potrebnih ukupnih ulaganja po periodima u Kolubarskom basenu.

Tabela 2.2. Struktura ulaganja po periodima u Kolubarskom basenu, €

Opis	Ukupno period 2015.-2020.	Ukupno period 2021.-2025.
Građevinski radovi	152.462.291	102.680.078
Rudarski radovi	12.600.000	0
Osnovna oprema i pomoćna	475.610.000	197.840.000
Rekultivacija	200.000	6260000
Osnivačka ulaganja	18.416.255	7.480.000
Ukupna ulaganja	**659.288.546**	**314.260.078**

Potrebna ulaganja za realizaciju razvoja Kostolačkog basena (površinskog kopa Drmno) iznose 349 miliona €. Projektovana dinamika ulaganja u periodu 2016-2019. godina prikazana je u Tabeli 2.3.

Tabela 2.3. Struktura ulaganja po periodima u Kostolačkom basenu, €

Opis	Ukupna ulaganja u periodu 2016.-2019. god. , €
Građevinski radovi	3.900.000
Oprema	265.700.000
Za kapacitet 9 mil. tona	70.900.000
Nova oprema	178.800.000
Revitalizacija	16.000.000
Odvodnjavanje	60.187.600
Osnivačka ulaganja	18.482.813
Svega osnovna sredstva	**348.270.413**
Obrtna sredstva	**1.000.000**
Ukupna ulaganja	**349.270.413**

Kako se iz prikazanih tabela vidi, u periodu do 2020. godine za planirani razvoj eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS potrebno je da se investira preko 1 milijarde € a u periodu 2021.-2025. godina još oko 314 miliona €.

Efikasnost investicionih ulaganja analizirana je na bazi tehničko-tehnoloških parametara eksploatacije, projekcije kapitalnih troškova, operativnih troškova i ukupnog prihoda za period eksploatacije od 2015.

do 2049. godine za oba basena.

Ekonomska analiza efekata ulaganja pokazala je da je eksploatacija uglja u oba basena veoma povoljna pri čemu interna stopa povraćaja uloženih sredstava u Kolubarskom basenu iznosi 19,95 % a u Kostolačkom basenu 9,74%. Imajući u vidu referentnu kamatnu stopu Narodne Banke Srbije kao i činjenicu da se radi o ulaganjima u sektor energetike, interna stopa povraćaja uloženih sredstava je na visokom nivou.

3. Rizici razvoja eksploatacije uglja

Razvojne opcije EPS su u direktnoj zavisnosti od daljeg razvoja površinske eksploatacije uglja u Kolubarskom i Kostolačkom basenu, koji nosi značajne rizike realizacije i samim tim moguće nepovoljne scenarije koji mogu da imaju negativne uticaje, ne samo na EPS već i na šire društveno i privredno okruženje. Posebno je značajno istaći da trenutno kritično stanje razvoja Kolubarskog basena nosi značajno veće rizike za realizaciju razvoja eksploatacije uglja opcije nego što je to slučaj sa Kostolačkim basenom.

Glavni rizik za realizaciju razvojnih planova vezan je za investicione mogućnosti kako interne tako i eksterne. Naime, planirana investiciona ulaganja u iznosu od preko 1,3 milijarde evra u periodu do 2025. godine, predstavljaju značajna investiciona sredstva koja EPS iz sopstvenih prihoda ne može da obezbedi. Uzimajući u obzir i stanje na tržištu kapitala u svetu i kod nas, veliko je pitanje mogućnosti obezbeđenja ovako velikih investicionih sredstava i iz eksternih izvora. Zbog toga je ovaj rizik i kvantifikovan kao najviši.

Drugi važan rizik je rizik dinamike implementacije i realizacije strateškog plana i ima dva aspekta: prvi, organizovanje i planiranje za realizaciju i drugi sama realizacija strateškog plana. Ovaj rizik je internog karaktera na koji se u značajnoj meri može uticati dobrom organizacijom i izborom kadrova i na taj način smanjiti potencijalni negativni efekti.

Treći, veoma značajan rizik za realizaciju ovog strateškog plana je u vezi institucionalnog i zakonodavnog okvira. Njegov značaj dobija na intenzitetu iz dva razloga: prvi, jer je eksternog karaktera i gotovo nikakvih mogućnosti uticaja EPS na njih i drugi, jer je vezan za dinamiku realizaciju izmeštanja infrastrukturnih objekata i eksproprijaciju kao preduslova za razvoj eksploatacije uglja zbog nedorečenih procedura i vremenski dugih aktivnosti dobijanja saglasnosti, dozvola i sprovođenja procesa javnih nabavki.

Ovi rizici realizacije strateškog plana su pomenuta zbog značaja

njihovog uticaja, ali ne treba zaboraviti da je zahtevani razvoj i dinamika eksploatacije uglja uslovljena i čitavim nizom drugih rizika. Zato je potrebno da se u fazi izrade akcionog plana realizacije strategije detaljno analiziraju svi potencijalni rizici i sačini registar rizika po značaju i uticaju. Uz registar potrebno je sačiniti i plan upravljanja rizicima kako bi se njihov uticaj na realizaciju strateškog plana minimizirao.

4. Zaključak

Razvoj površinske eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS definisan je Dugoročnim programom koji kao ***strateški plan*** predstavlja racionalno reagovanje na:

- zahteve Strategije razvoja energetike Republike Srbije sa jedne strane,
- i sa druge strane, na dinamizam poslovnog okruženja kao i sve izraženije prirodne, ekonomske i tehničko-tehnološke rizike vezane za sredinu u kojoj EPS realizuje svoje poslovne ciljeve, kao ključne komponente za percepciju budućeg razvoja do 2025. godine sa projekcijom do 2050. godine,
- kao i na održivi razvoj površinske eksploatacije uglja uz uvažavanje ekonomskih, ekoloških i socioloških aspekata.

Dugoročni program po obimu i sadržaju ima pun format strategije razvoja koja sadrži situacionu analizu (analizu postojećeg stanja) na bazi koje je projektovan budući potreban, realan i održiv razvoj basena uglja u koji je potrebno da se investira preko 1 milijarde € do 2020. godine a u periodu 2021.-2025. godina još oko 314 miliona €.

Ekonomska analiza efekata ulaganja pokazala je da je eksploatacija uglja u oba basena veoma povoljna pri čemu interna stopa povraćaja uloženih sredstava u Kolubarskom basenu iznosi 19,95 % a u Kostolačkom basenu 9,74%.

U narednom kratkom periodu, ovaj strateški plan je neophodno implementirati, odnosno organizovati i isplanirati njegovu realizaciju kroz akcioni plan na detaljnom nivou, kako sa aspekta programa i projekata, potrebnih investicija i dinamike realizacije tako i sa aspekta rizika realizacije, što bi razvojne planove učinilo pouzdanijim, a rezultate razvojnih planova efikasnijim i efektivnijim.

Literatura

1. Fondovska dokumentacija EPS, RB Kolubara i TE KO Kostolac

ANALIZA I REŠAVANJE PROBLEMA POGONA ROTORA ROTORNOG BAGERA SRs 2000 - PUT KA MODERNIZACIJI

ANALYSIS AND TROUBLESHOOTING OF THE BUCKET WHEEL DRIVE ON BUCKET WHEEL EXCAVATORS SRs 2000 - THE ROAD TO MODERNIZATION

Novaković D.[1], Jovančić P.[2]

Apstrakt

Ovaj rad ima primarni cilj da definiše modernizaciju i revitalizaciju pogonske grupe rotora bagera SRs 2000 kako bi se obezbedilo povećanje pouzdanosti bagera, a time i povećanje vremenskog i kapacitetnog iskorišćenja i smanje troškovi održavanja. Sekundarni cilj, i ne manje važan, je unifikacija elemenata kako pogonske grupe tako i ostalih sklopova predviđenih za buduću modernizaciju i revitalizaciju na svim bagerima SRs 2000 koji rade na površinskim kopovima Elektroprivrede Srbije.

Ključne reči: Rotorni bager SRs 2000, modernizacija, pogon rotora

Abstract

This paper has the basic goal of defining the modernization and revitalization of the bucket wheel drive for the SRs 2000 bucket wheel excavator, in order to increase the reliability of the excavator, production rate, time efficiency and to reduce maintenance costs. The secondary

[1] Novaković Dragan,JP Elektroprivreda Srbije,Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[2] Jovančić Predrag, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

objective, and no less important, is the unification of the drive group components as well and other circuits foreseen for future modernization and revitalization on all SRs 2000 excavators on the surface mines of the Electric Power Industry of Serbia.

Key words: Bucket wheel excavator SRs 2000, modernization, bucket wheel drive

1. Uvod

Na rotornim bagerima SRs 2000, proizvođača Takraf iz Nemačke, koji rade na površinskim kopovima Elektroprivrede Srbije (na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje radi jedan bager, a na površinskom kopu Drmno tri bagera), tokom dosadašnje eksploatacije jedno od najslabijih mesta pokazao se sistem za pogon rotora. Osnovni cilj analize i rešavanja problema pogona rotora rotornog bagera SRs 2000 je izvršiti adekvatnu i pravovremenu pripremu za proces revitalizacije odnosno modernizacije ove pogonske grupe, da bi se obezbedilo povećanje pouzdanosti bagera, a time i povećanje vremenskog i kapacitetnog iskorišćenja, ali i da se smanje troškovi održavanja.

Kompanija Takraf je proizvela rotorne bagere SRs 2000 u više varijanti: SRs 2000.28/3.0 (2*630 kW), SRs 2000.30/6.0+VR (2*500 kW), SRs 2000.33/3.0+VR (2*500 kW), SRs 2000.33/6.0+VR (2*630 kW), SRs(K) 2000.28/3.0 (2*630 kW) i SRs 2000.32/5.0+VR (2*670 kW). Ovih bagera ima ukupno 56 komada (Tabela 1).

Tabela 1. Raspored rotornih bagera SRs 2000 u svetu

SRs 2000	**SRs 2000+VR**		**SRs(K) 2000**
Nemačka: 5 komada Bugarska: 4 komada Mađarska: 2 komada	Bugarska: 9 komada Grčka: 6 komada Poljska: 5 komada Srbija: 4 komada	Rumunija: 4 komada Makedonija: 2 komada Češka: 2 komada	Kazahstan: 13 komada

Hronologija primene reduktora za pogon rotora se kreće od sedamdesetih godina prošlog veka pa do današnjih dana. Postoji više izvedbi ovog reduktora. Sedamdesetih i do početka osamdesetih u primeni su bili konusno-cilindrični reduktori snage 2*630 kW i cilindrični reduktori 2*400 kW. Sredinom osamdesetih izrađuju se konusno-cilindrični reduktori snage 2*670 kW. Od kraja devedesetih godina prošlog veka u primeni su konusno-cilindrično-planetarni reduktori snage 1*800 kW i 2*500 kW. Takođe, proizvode se reduktori za pogon rotora snage 500 kW, 710 kW, 800 kW, 2*500 kW, 2*1250 kW

i posebno treba naglasiti, 1*1200 kW. U Tabeli 2 je dat presek reduktora za pogon rotora rotornog bagera SRs 2000 na površinskim kopovima Elektroprivrede Srbije.

Tabela 2. Osnovne karakteristike reduktora za pogon rotora rotornog bagera SRs 2000 u EPS

Kop	Oznaka bagera	Godina proizvodnje	Snaga pogona rotora	Tip reduktora	Proizvođač, broj crteža	Broj komada
Tamnava-Zapadno Polje	SRs 2000.32/5+VR	1995.	2*670 kW	Konusno cilindričan	Takraf 530 231 433:000	1
Drmno	SRs 2000.28/3+VR	1985.	2*500 kW	Konusno cilindričan	Takraf 530 230 588:000	1
	SRs 2000.32/5+VR	1996.	2*670 kW	Konusno cilindričan	Takraf 530 231 433:000	2
	SRs 2000.32/5+VR	2009.	2*670 kW	Konusno planetaran	Takraf 420 009 027	1
		2016	1*1200 kW	Konusno planetaran	Takraf	1

U ovom radu je obrađen rotorni bager SRs 2000.32/5 (2*670 kW)+VR92±10 (pogonski broj G2), fabrički broj 641, koji radi na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje. Pogon se sastoji od dva kinematska lanca koji se ujedinjuju na zupčaniku izlaznog vratila. Svaki od dva pomenuta lanca pokreće motor snage 670 kW sa brojem obrtaja 985 min^{-1}. Na ulaznim vratilima reduktora ugrađene su hidrodinamičke spojnice i kočioni doboši sa duplim kočionim papučama.

Obrtni moment je ograničen pomoću prekostrujnih releja koji deluju pre reagovanja topljivih osigurača na hidrodinamičkim spojnicama. Osovina nosi rotor i reduktor. Uležištena je preko dva kotrljajna ležaja na strelu rotora. Veza reduktora i osovine ostvaruje se preko šupljeg vratila u koje je utisnuta bronzana čaura. Reduktor sa postoljem je vezan sa konstrukcijom preko sfernog ležaja (treći oslonac).

Rotor prima obrtni moment od reduktora preko ploče - membrane. Uležišten je na osovini pomoću dva stezna sloga. Izrađen je kao dvozidni sa prečnikom sečiva od 12 m, 20 kofica, sa 86 istresaja u minuti i brzinom rezanja 2,7 m/s.

Nominalna obimna sila iznosi 466 kN, a maksimalna 660 kN (pri izbacivanju osigurača). Izlazni moment je 2.600.000 Nm, mase 59 t i izlaznog broja obrtaja 4,4 min^{-1}.

Na Slici 1 prikazan je rotorni bager SRs 2000 koji radi na otkopavanju jalovine na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje.



Slika 1. Rotorni bager SRs 2000 na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje

2. Hronološki prikaz ponašanja pogona rotora

Tokom eksploatacije ovih bagera, koji su tokom svog radnog veka otkopavali samo otkrivku u uslovima površinskih kopova Tamnava-Zapadno Polje i Drmno, ostvareni su rezultati koji su dati u Tabeli 3.

Tabela 3. Osnovne proizvodne karakteristike bagera SRs 2000 u EPS zaključno sa 2016. godinom

Kop	Bager	Početak rada	Teoretski kapacitet	Ostvarena proizvodnja	Efektivno vreme rada
			(m^3)	(m^3)	(h)
Tamnava	SRs 2000.32/5+VR (G2)	1995.	6600	197.077.006	89.155
Drmno	SRs 2000.28/3+VR (I)	1985.	6000	201.718.938	99.435
Drmno	SRs 2000.32/5+VR (II)	1997.	6600	153.565.803	71.807
Drmno	SRs 2000.32/5+VR (III)	2009.	6600	87.793.435	27.459

Problematika pogona radnog točka na ovim bagerima je slična i na kopu Tamnava-Zapadno Polje i na kopu Drmno. Zbog toga, dat je hronološki prikaz ponašanja pogona radnog točka bagera SRs 2000 na kopu Tamnava-Zapadno Polje.

Bager SRs 2000.32/5(2*670 kw)+VR92±10 (pogonski broj G2), fabrički broj 641, počeo je sa radom na iskopavanju otkrivke površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje 16. novembra 1995. godine. U decembru 2003. godine uočeno je da postoje periodični udari u zoni izalznog vratila do slobodnog ležaja. Kontrolom je ustanovljena pohabanost čaure u šupljem vratilu, usled čega je došlo do kolizije osovine i šupljeg vratila u delu završetka vratila. Ovaj problem je prevaziđen ugradnjom dvodelne čaure na mestu kolizije. Nakon habanja ove čaure, ugrađena je nova u

januaru 2005. godine. Ostvaren je zazor od 2 mm. U julu 2005. godine umesto ovog rešenja ugrađen je novi dopunski oslonac - mala membrana. U februaru 2006. godine došlo je do kidanja zavrtnjeva na vezi glavčine male membrane sa osloncem. Pri dotezanju ostalih zavrtnjeva, pukla su još dva zavrtnja. U novembru 2006. godine došlo je do loma osovine rotora, oštećenja šupljeg vratila u zoni samopodesivog ležaja i havarije nekoliko pozicija sklopa male membrane, što se vidi sa Slike 2.



Slika 2. Problematika pogona rotora bagera SRs 2000

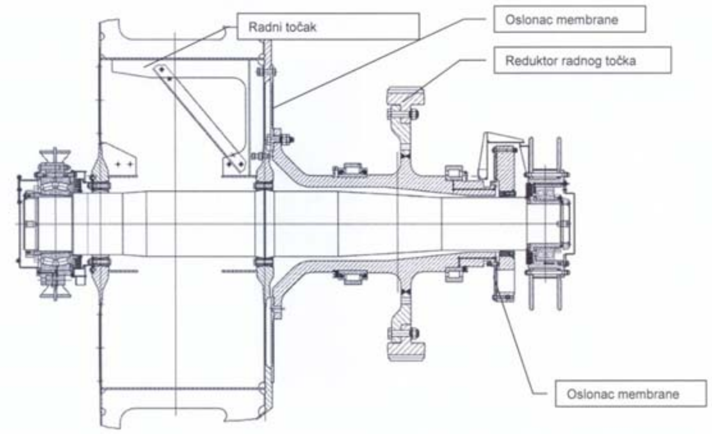
Nakon ove havarije ugrađena je nova osovina koja je predviđena za rad sa dopunskim osloncem i rekonstruisan dodatni oslonac. U julu 2007. godine došlo je do kidanja 12 zavrtnjeva na najvećem prečniku male membrane. U remontu iste godine izvršena je kontrola veze glavčine i šupljeg vratila. Tom prilikom konstatovan je lom 10 zavrtnjeva od ukupno 12 i podužna naprsnuća šupljeg vratila preko otvora sa navojem M24. Stanje sklopa je onemogućilo dalju upotrebu dopunskog oslonca male membrane. Problem je prevaziđen utiskivanjem dvodelne bronzane čaure između šupljeg vratila i osovine i ostvaren zazor od 1 mm. Sklop je u ovim uslovima radio do opravke u 2009. godini. Za vreme opravke u aprilu 2009. godine, zamenjena je osovina, velika membrane i oslonac reduktora kopanja na osovinu. Ponovo je ostvareno projektovano stanje uz napomenu da je oštećeno šuplje vratilo ostalo u upotrebi. Kontrolom sklopa aprila 2012. godine, konstatovana su oštećenja u vidu podužne pukotine na osi otvora dužine 150 mm, otkaz navrtke i čaure/hilzne na samopodesivom ležaju šupljeg vratila i niz drugih nepravilnosti u radu pogona. Zbog hitnosti intervencije realizovan je godišnji remont. Ugrađeno je delimično rekonstruisano i regenerisano šuplje vratilo i zamenjeni su neophodni delovi u reduktoru. Pored iznetih problema sa šupljim vratilom i načinom oslanjanja reduktora na osovinu, postoji problem vezan za okretanje ležajeva u kućištima (gnezdima),

otkaz ležaja na ulaznim vratilima i sam lom ulaznih vratila i hidrodinamičke spojnice. Samo podmazivanje reduktora je više puta imalo otkaze prouzrokovane pumpom, instalacijom i kontrolnim uređajima.

Prema tome, na pogonu rotora havarisana su dva šuplja vratila, jedna osovina (osnovna verzija), jedan zupčanika na izlaznom vratilu, više komada poprečnih vratila, ulaznih vratila, zupčanika i hidrodinamičkih spojnica, pomoćni pogon, više elemenata sistema za podmazivanje. U ležišna mesta u reduktoru ugrađene su čaure na pet mesta. Do sada je evidentan problem u samom oslanjanju pogona preko klizne čaure (habanje čaure nemoguće kontrolisati, dolazi do aksijalnog pomeranja čaure), a dopunski oslonac, koji je više puta aktiviran, pokazao se kao nedovoljno elastičnim.

3. Analiza trenutnog stanja izvedenih rešenja

Na Slici 3 prikazano je novo rešenje uležištenja rotora bagera SRs 2000 koje je primenjeno 2000. godine u Grčkoj i 2003. godine u Rumuniji. Veza reduktora sa rotorom i osovinom je membranskog tipa. Takraf Tenova proizvodi reduktore za pogon rotora različitih snaga, a na najnovijem bageru na kopu Drmno kao osnovna varijanta montiran je konusno-čeoni planetni reduktor snage 2*670 kW, izlaznog momenta 2.600.000 Nm i odnosa broja obrtaja 994/4,274 min^{-1}, prenosnog odnosa 225. Na ulaznim vratilima se nalaze spojnice preopterećenja ARPEX AKR/AR-EN 335-6 sa diskom kočnice Ø710 i momentnom isključivanja 10.000 Nm.



Slika 3. Uležištenje rotora bagera SRs 2000 (III) na PK Drmno (V BTO sistem)

Oslanjanje novog reduktora se vrši obostrano, preko ploča membrane - na strani rotora na glavčini rotora (velika membrana), a na drugoj strani na rotoru sa paocima (mala membrana). Svi spojevi sa pločama membrana su izrađeni kao spojevi sa prirubnicom i podesivim zavrtnjima. Ploče membrane primaju diferencijalne deformacije koje su prouzrokovane ugibanjem osovine rotora između reduktora i rotora, sa jedne strane i unutar rotora i reduktora rotora, sa druge strane. U radu novog tipa reduktora bagera u Drmnu bilo je izvesnih problema sa izvedbom utrobe reduktora (preklapanje frekvencije drugog vratila sa frekvencijom pobude, što je dovelo do loma), pa je i ovaj tip reduktora manje pouzdan od očekivanog. Između ostalog i tehnički je komplikovan za održavanje.

Zbog toga je nabavljen reduktor sa jednim pogonom koji već radi na bageru SRs 2000.32/5(1*1200 kW)+VR u okviru V BTO sistema.

Prema tome, najveći problem glave rotora (staro rešenje) predstavlja lom osovine (Slika 2). Drugi problem je habanje bronzane čaure u šupljem vratilu. Ugradnjom dopunskog oslonca (male membrane), uz zadržavanje stare osovine, problem se ne rešava. Obavezno dolazi do havarije membrane (Slika 2). Iskustva sa oba površinska kopa (Tamnava-Zapadno Polje i Drmno), to potvrđuju.

4. Nova varijanta uležištenja rotora

Ovaj tip bagera (sa jednom zategom) ne dozvoljava konzolnu ugradnju reduktora kopanja, pa se reduktor mora ugrađivati između oslonaca. Prečnik osovine na mestu loma kod starog rešenja iznosi samo Ø360 mm. Kod novog rešenja je to Ø430 mm. Oslonac reduktora na osovinu preko bronzane čaure je kratkog veka. Bolje rešenje je ugradnja male membrane sa načinom veze sa šupljim vratilom, kako je projektant novog rešenja dao (Slika 4).

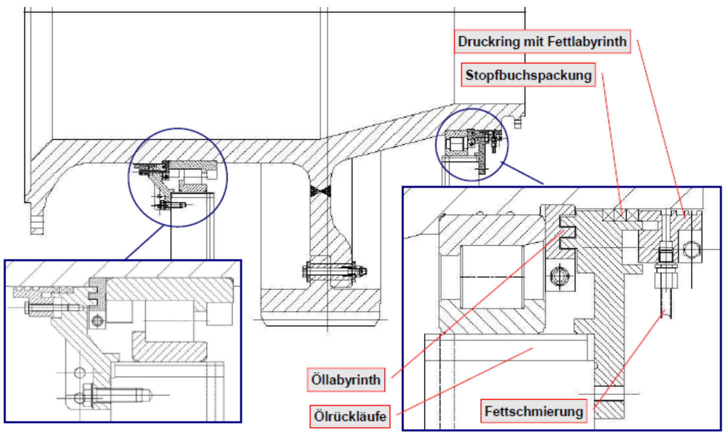
Na ovom novom tipu reduktora, šuplje vratilo je ojačano zbog većeg prečnika osovine, a ima i dodatak sa otvorima za vezu membrane. Šuplje vratilo i zupčanik su povezani zavrtanjskom vezom, pa se u slučaju havarije jednog dela, drugi može i dalje koristiti.

Ovo tehničko rešenje (veći prečnik osovine, mala membrana kao otkovak, razdvojiva veza šupljeg vratila sa zupčanikom) je apsolutno prihvatljivo. Dat je predlog da se sa proizvođačem bagera pregovara o realizaciji navedenog rešenja, uz zadržavanje postojećeg reduktora (ASUG SRG 2*670 - 2200*222 LHW) sa tehničkim unapređenjima.

Novo tehničko rešenje pogona i uležištenja rotora bagera SRs 2000 на kopu Tamnava-Zapadno Polje, treba da bude bazirano na

koncepcijskom rešenju urađenom od strane TAKRAF Tenova, uz sledeće zahteve:

1. Rekonstrukcija postojećeg reduktora (ASUG SRG 2*670 – 2200*222 LHW):
   – Ugradnja odgovarajućeg ležaja do male membrane zbog ojačanja osovine i šupljeg vratila;
   – Ojačanje šupljeg vratila sa razdvojivom vezom sa zupčanikom i dodatkom za malu membranu (Slika 4);
   – Ugradnja izmenjivih čaura za ležajeve u kućištu reduktora;
   – Smeštanje ulaznih vratila i ležaja u patroni (kućišta) koje će moći kompletno da se aksijalno izvuče - povoljno je da zadnji ležaj bude konusni par (paket);
2. Ugradnja ojačane osovine rotora;
3. Mala membrana kao otkovak (rešenje kao na novom bageru u Drmnu);
4. Umesto hidrodinamičkih spojnica, u cilju mehaničkog osiguranja od preopterećenja, ugraditi ARPEX AKR/AR-EN 335-6 spojnice; u slučaju da se zadrže hidrodinamičke spojnice, povoljno je da budu montirane na strani elektromotora; razlozi za ovu izmenu (primenjena na kopu Drmno) su lom ulaznog vratila i razlabljivanje veze sa ulaznim vratilom;
5. Frekventno regulisan pogon;
6. Mogućnost stalnog praćenja stanja i ponašanja (monitoring) u cilju praćenja reduktora.



Slika 4. Ojačano šuplje vratilo sa razdvojivom vezom sa zupčanikom i dodatkom za malu membranu

5. Zaključak

Tokom ove godine definisani su pravci modernizacije i revitalizacije pogona radnog točka na rotornom bageru SRs 2000 na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje. U narednom periodu, tokom 2018. godine, treba očekivati izradu projektne dokumentacije i realizaciju predviđenih neophodnih zahvata na ovom pogonu. Cilj svih ovih zahvata je obnavljanje kritičnih elemenata radi njihovog poboljšanja daljeg rada i produženja veka trajanja, odnosno potvrđivanja potrebnih radnih performansi koje imaju za cilj ostvarenje zacrtanog vremenskog i kapacitetnog iskorišćenje bagera SRs 2000 na površinskom kopu Tamnava-Zapadno Polje. Ovo sigurno dobija na značaju ako se ima u vidu sve veća i značajnija uloga ovog bagera u proizvodnji otkrivke na ovom površinskom kopu, koji već danas predstavlja okosnicu proizvodnje uglja u Kolubarskom basenu.

Ovakvom rekonstrukcijom se postižu sledeći ciljevi:

1. Sveobuhvatno rešenje problema pogona i uležištenja rotora;
2. Koncepcijski moderno i dugoročno rešenje, pouzdano na duži period;
3. Kompatibilnost sa drugim bagerima na nivou EPS.

Studija koja bi trebalo da se realizuje na nivou Elektroprivrede Srbije pod naslovom *Analiza pogonskih sistema rotora na bagerima SRs 2000 sa ciljem unifikacije*, u osnovi bi trebalo da potvrdi ove ciljeve.

Priznanje

Ovaj rad je doprinos projektu TR033039 koji je finansiran od strane Ministarstva za nauku Republike Srbije.

Literatura

1. Projekat *Revitalizacija bagera - Izarada projekta revitalizacije bagera SRs 2000.28/3+VR*, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu i Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2015
2. Pogonska dokumentacija PK Tamnava-Zapadno Polje - RB Kolubara
3. Jovančić P., Maneski T., Ignjatović D., Slavković Č. (2015), *Revitalizacija rotornog bagera SRs2000.28/3+VR na površinskom kopu Drmno*, VII Međunarodna konferencija UGALJ 2015, oktobar 14-17, 2015, Zlatibor, Srbija, Zbornik radova, str. 109-126, ISBN 978-86-83497-22-5

DEVELOPMENT OF A NEW DUST CONTROL STRATEGY APPLICABLE ON LARGE SURFACE MINES

RAZVOJ NOVE STRATEGIJE KONTROLE PRAŠIINE PRIMENLJIVE NA VELIKIM POVRŠINSKIM KOPOVIMA

Pavloudakis F.[1], Sachanidis C. C.[2], Roumpos C.[3], Sachanidis C. G.[4]

Abstract

Emissions of particulate matter during blasting, excavation, haulage, storage and dumping procedures are an everyday occurrence in surface mines. This is also the case of Ptolemais basin, where large opencast lignite mines and four thermal power stations have been concentrated in a relatively small area. The ambient air quality in this area is monitored continuously by 18 stations. According to the particulate matter concentrations recorded in these stations, communities located in the proximity of mining and power generation activities suffer from high number of pollution episodes although annual average PM_{10} concentrations are usually below the limit of 40μg/m^3. In order to develop an emissions control strategy, two experimental approaches are discussed: (i) the quantification of the contribution of different mining activities to the air pollution of residential areas located in close proximity to the mines by applying a receptor model, and (ii) the calculation of emission rates, based on in-situ measurements, lab analysis

[1] Pavloudakis F .,West Macedonia Lignite Centre, PPC SA, Greece
[2] Sachanidis C. C., West Macedonia Lignite Centre, PPC SA, Greece
[3] Roumpos C., Mines Central Support Department, PPC SA, Greece
[4] Sachanidis C. G., West Macedonia Lignite Centre, PPC SA, Greece

and modelling, for the major dust sources of continuous mining systems and non-continuous earth moving operations.

Keywords: surface mining, lignite, ambient air quality, particulate matter, receptor model, reverse dispersion model.

1 Introduction

Accounting for about 18% of primary energy consumption (25.9 Mt of Oil equivalent in 2016) (BP, 2017), lignite is Greece's most important indigenous fuel. Greece boasts lignite resources of about 4 billion tonnes, of which 2.7 billion tonnes are economically workable. The most important deposits (1.5 billion tonnes) are located in the north of the country, at Florina - Ptolemais - Kozani basin (EURACOAL, 2017). These deposits are mostly exploited by the Public Power Corporation SA (PPC) in opencast mines that occupy an area of 16,000 ha. The so-called 'West Macedonia Lignite Centre' (WMLC) is equipped with 42 bucket-wheel excavators, 17 spreaders and more than 250km of belt conveyors. It removes 200 million cubic metres of overburden and interburden and extracts 25 million tonnes of lignite (2016), which is exclusively supplied to 4 mine-mouth located steam-power stations with a total installed capacity of 3,725 MW.

All of these activities operate according to the National and European legislation and environmental permits approved by the Ministry of Energy and Environment.

The enormous size of the mining and power generation activities, which has been concentrated in a relatively small geographical area, combined with the applied mining method and the climatic conditions (average annual precipitation of 450mm with long dry periods in summer) is making air pollution as one of the most significant environmental impacts. The situation is complicated further due to the fact that in a short distance from the power generation activities numerous towns and villages are located, with a total population of more than 100,000. As a consequence, the implementation of an effective emissions monitoring and control system is necessary not only for achieving compliance with legal requirements, but mainly for minimizing or even eliminating adverse impacts to people's health and quality of life (Filiou et al., 2011, Roumpos et al, 2016).

2 Ambient air quality

2.1 *Monitoring stations*

The control of fugitive material and the monitoring of particulates emissions in a mining activity of the type and size of WMLC is a complex issue. Its difficulty is enhanced by the fact that most emissions within surface mines are fugitive and cannot be subjected to objective measurements. As a consequence, any conclusions concerning the contribution of individual sources in the air pollution problem are based on ambient air quality measurements along the entire Florina - Ptolemais - Kozani basin. For this purpose PPC has installed a network of 10 stations that measure the concentrations of particulate matter (PM_{10} and $PM_{2.5}$) incorporating laser light scattering method. Eight additional monitoring stations have been installed from local authorities and university laboratories (Figure 1).

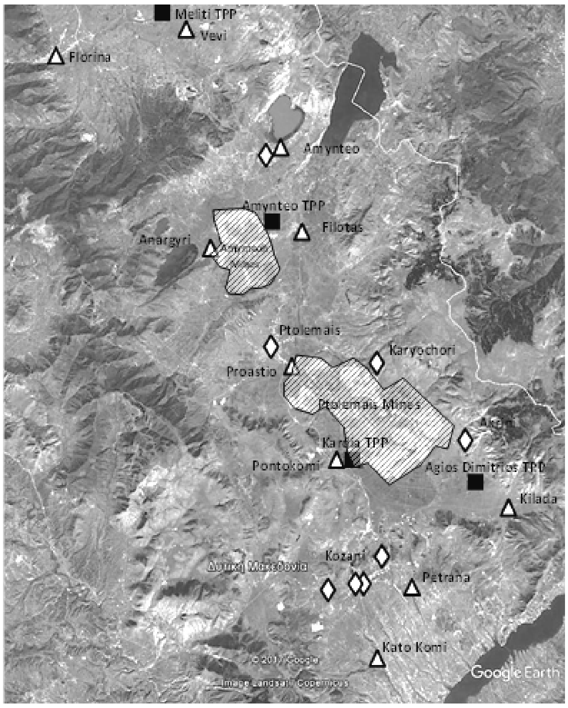


Fig. 1 Ambient air quality monitoring stations in Ptolemais basin (Δ: stations of PPC, ◊ : stations of research institutes and local authorities, : mines, ■ : thermal power plants)

◊

The data is processed with ENVIPRO software and various reports (daily, annual, etc.) are available to people that are involved in decisions regarding environmental planning and implementation of emissions control measures in cases of pollution episodes (Krestou et al., 2011; Triantafyllou et al., 2014).

According to European Community Directive 2008/50/EC, the following criteria shall be used for evaluating ambient air quality based on PM_{10} concentrations data:

- Daily average limit value: 50 μg/m^3 - Not to be exceeded more than 35 times a calendar year
- Annual average limit value: 40 μg/m^3

2.2 *Spatial variations of PM_{10} concentrations*

The monitoring stations located at the north part (Florina, Vevi, Amynteon) and at the south part (Kilada, Petrana, Kato Komi) of the lignite-bearing basin usually exhibit annual average concentrations below the limit value of 40μg/m^3 (Figure 2). Concentrations above this limit occurred in 2011, due to an extreme phenomenon of dust transfer from Sahara desert, which took place in November.

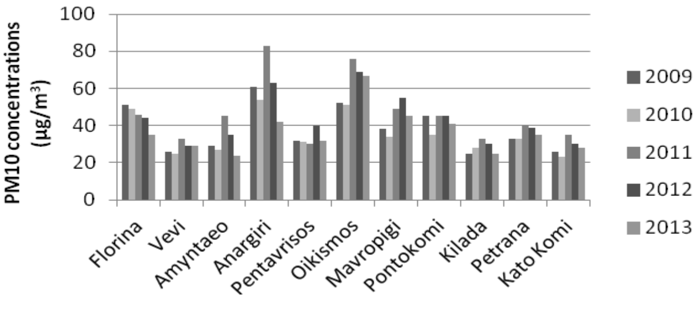


Fig. 2 Annual average PM_{10} concentrations in the 11 monitoring stations of PPC

The exceedances of the daily limit value of 50μg/m^3 usually are below the permitted number of 35 per year (Figure 3). Exceptions are related to natural phenomena or activities not related to the energy generation activities (e.g. dust transfer from Sahara desert, combustion of crop residues, and combustion of biomass for heating purposes).

At the central part of the basin, where the main part of mining and power production takes place, five monitoring stations are in operation. The annual average PM_{10} concentrations measured in three of them

(Pentavrisos, Mavropigi, Pontokomi) are below or slightly above the limit value (in a range of 30-55μg/m^3). However, the number of exceedances of the daily limit value usually is well above the permitted number of 35 per year.

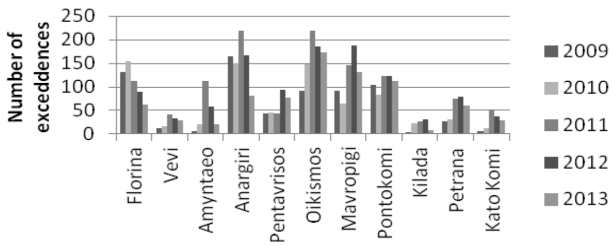


Fig. 3 Number of daily exceedances of the limit value of 50μg/m3 in the 11 monitoring stations of PPC

The other two stations exhibit annual average concentrations that vary in the range of 50-85μg/m^3 while the number of exceedances of the daily limit value of 50μg/m^3 is very high. In Oikismos station the concentrations were permanently above 160μg/m^3 for the last three years (2011-2013). In Anargiri station the number of exceedances in the four-year period 2009-2012 was above 150. After May 27, 2013, when the station was moved from the initial installation point (near the mine-pit crest) to the centre of Anargiri village, the measured PM_{10} concentrations were significantly lower.

2.3 *Seasonal variation of PM_{10} concentrations*

The concentrations of particulates exhibit also strong seasonal variations. Increased PM_{10} concentrations are observed not only in the summertime but also in November, when phenomena such as temperature inversions and dust transfer from Sahara desert are frequent throughout the southern part of the Balkan Peninsula. Rural activities, mostly the combustion of crop residues, contribute also significantly to the emissions of particulate matter in this month.

In Table 1 the month of the maximum number of daily exceedances is shown for each one of the years of the period 2009-2013 for three monitoring stations. The Pontokomi station, which is located in the central part of mining – energy generation activities, shows many pollution episodes during the dry season. Florina station, which is located in an urban area, has most pollution incidents in winter, while Pentavrisos station, which is located in a rural area, exhibits most exceedances usually in November, when combustion of crop residues takes place.

Table 1 Month with the highest number of exceedances of the daily limit value of PM_{10} concentrations 50μg/m^3 per monitoring station and year

Monitoring station	Year				
	2009	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Florina	Jul/Noe	Aug	Noe	Mar	Dec
Pentavrisos	Noe	Noe	Noe	Aug	Apr*
Pontokomi	Sep	Aug	Noe	Jul	Aug

**Recording period: 1/1 – 2/6/2013*

3 Contribution of various mining activities to the air pollution problem

Source apportionment of the airborne particulate matter is frequently attempted by using receptor oriented models. Receptor models infer contributions from different sources using multivariate measurements taken at one or more receptor locations. Source profiles are created by sampling emissions from a variety of single emitters or small groups of emitters and submitting samples to the same chemical (and physical) analyses as the ambient samples.

In the case of Ptolemais basin, forty 24-hours samples of ambient particulates (PM_{10}) were acquired concurrently from the 4 receptor sites: Pontokomi, Akrini, Proastio, Pentavrisos (Figure 1), during winter (Noe-Dec 2011) and summer (Aug-Sep 2012). Sampling was conducted according to ISO/IEC EN-12341 standards using low volume sampling devices (Ingenieur Derenda, Berlin) with a head for respiratory particles of PM_{10} and flow rate 2.3m^3/h. Sampling devices were installed on the ground and the heads height were 1.5-2.0m (i.e. in the zone of respiration). Particles were collected on pre-weighed Teflon filters (Zefluor, Pall 2μm). The ambient PM_{10} samples were analyzed for 27 major, minor and trace elements using EDXRF and IC methods.

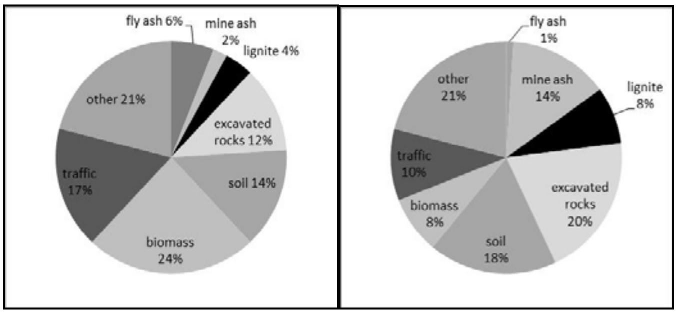
PM_{10} emissions were also collected from a variety of in-pit sources, including bucket-wheel excavators, spreaders, belt conveyors, stockyards and roads and were analysed for the same chemical components. Additional samples were collected for fly ash (from the thermal power plants) and soil dust (50m around each one of the sampling devices installed at the receptors).

Based on these results, ambient and source chemical profiles were developed and used by the Laboratory of Environmental Pollution Control of Aristotle Univ. of Thessaloniki for source identification and apportionment of PM_{10} by employing a robotic chemical mass balance (RCMB) receptor model, which has been developed in-house based on the USEPA CMB8 model. Moreover, for particulates emitted from diesel,

gas, biomass and refuse combustion, profiles from the data base of the Laboratory were used, while for aerosols formed secondary from the NO_x and SO_2 emissions of the thermal power plants, profiles available in SPECIATE database of USEPA were used.

Figure 4 shows that the RCMB source apportionment indicated biomass combustion (24%) as the major contributor to ambient PM_{10} levels at the monitoring station installed in Pontokomi during winter. The contribution of mining activities was 16%. In summer period, the predominant contributor to PM_{10} emissions is mining activities (28%). In this period the pollution due to re-suspension of soil particles from agricultural land is also increased (18%). Ash particles emitted either by the stacks of thermal power plants or during ash transportation to the waste heaps of mines, contributes to ambient PM_{10} levels with 8% and 15%, in winter and summer period, respectively. Finally, the contribution of aerosols, in the form of $(NH_4)_2SO_4$, $CaSO_4$ and NH_4NO_3, measured 21% both in winter and summer.

Concerning seasonal fluctuations of the contribution of various dust sources in ambient PM_{10} concentrations, biomass combustion exhibits a pick in November at all receptors sites. The maximum contribution for mining operations is in August and for vehicular traffic in December.



Winter ***Summer***

Fig. 4 Contribution of various PM_{10} sources in ambient PM_{10} concentrations measured at Pontokomi village during winter and summer

4 Determination of emissions rates for main mining activities

For the quantification of the particulates emitted from fugitive dust sources, such as the open pit mines of WMLC, the most applicable methodology is the one using emission factors. These factors relate the quantity of particulates released in the atmosphere with an associated

mining activity and are expressed as mass of emitted pollutant per mass, volume, distance or duration of the connected activity. The basic bibliographic reference for the aforementioned emission factors is the 5th edition of the Report AP-42 of USEPA, 1995.

This methodology was applied in the study area by the Laboratory of Atmospheric Pollution and Environmental Physics of The Technological Educational Institute of Western Macedonia and the Laboratory of Heat Transfer and Environmental Engineering of Aristotle University of Thessaloniki. The methodology was a combination of field measurements, laboratory analyses and simulations using two mathematical dispersion models: AERMOD V 8.0.5, a Gaussian model recommended by USEPA, and AUSTAL 2000, a Lagrangian model developed for the German Federal Environment Agency.

Field measurements were conducted for all the main fugitive dust sources: excavation - transportation - dumping. Based on the guidelines of EPA-454/R-93-037 (1993) report, for the measurement of emission rates the "upwind - downwind" method was used. According to this, five PM_{10} concentration analyzers were installed in selected points upwind and downwind the fugitive dust source. The collected data were analyzed and processed in order to calculate the respective emission rate by the Reverse Dispersion Modeling method (BS EN 15445:2008). In total 74 experiments - field measurements were conducted, out of which 63 were adequate for further analysis.

Critical parameters for the calculation of emission rates were the meteorological conditions, materials characteristics (e.g. silt content, humidity), applied dust control measures (e.g. wetting) and activity capacity (e.g. quantity and type of material handled, unloading height, vehicle speed). During all experiments material sampling was performed, with the samples matching the material handled by the activity under study. These samples were analyzed in the laboratory in terms of their humidity and silt content, according to standard method (ASTM-C-136), (Krestou et. al, 2011).

In Figure 5, the average surface area PM_{10} concentrations is presented, taking into consideration the influence of topography, for the activity "lignite transport" at the transfer point KE6B of belt conveyor E6 of South Field Mine during the winter period. As shown in this figure, the PM_{10} dispersion is enhanced towards the prevailing wind direction (North–west).

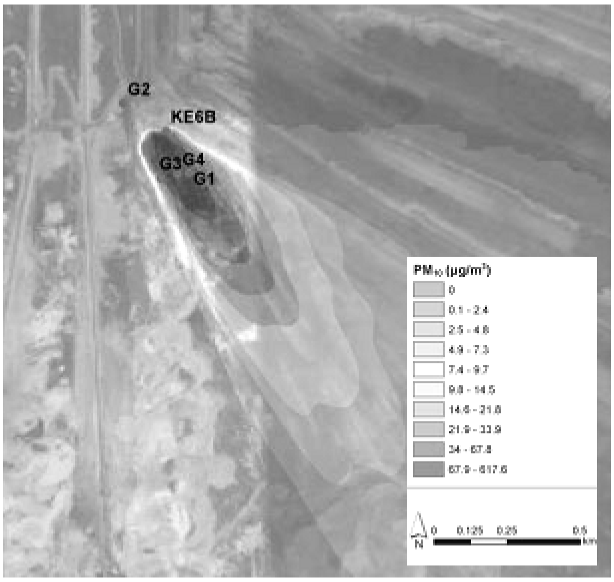


Fig. 5 Average surface area PM_{10} concentrations for the activity "lignite transport" at the transfer point B of belt conveyor E6 of South Field Mine (G2- upstream and G1, G3, G4 - downstream monitoring stations)

Based on the aforementioned methodology, an emission rate (er) was calculated for every activity - fugitive dust source under study. Figure 6 presents the range of fluctuation of emission rates that were determined for excavation, dumping and transportation of lignite and waste rocks during field tests carried out in different mines and seasons: May to October (hot period) and November to April (cold period).

Other factors were also recorded depending on the activity, such as number of vehicles per hour, type of vehicles, wetting etc.

The estimated emission factors may further be combined with activity data from WMLC mines (e.g. excavated rock volume per day, traffic of vehicles per day, operating time of belt conveyors per day, etc.) in order to calculate an PM_{10} emission factor (ef) for every activity - fugitive dust source under study, as well as the total mass of fugitive dust emitted from the whole mine.

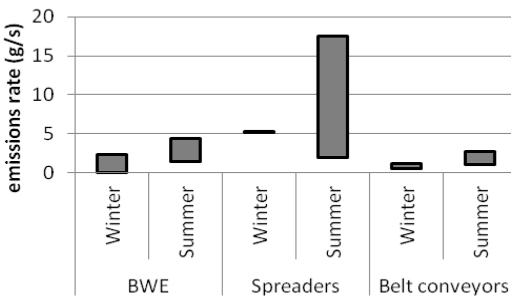


Fig. 6 Range of fluctuation of emission rates that were determined for excavation, dumping and transportation of lignite and waste rocks

5 Emissions control measures

Based on the above analysis, decisions can be reached regarding the selection and implementation of measures that enhance control of pollution sources as well as the development of an action plan applicable in cases of severe air pollution episodes.

It worth noticing that the environmental permits of West Macedonia lignite mines contain a series of obligations regarding the systematic implementation of measures that reduce emissions of particulate matter: use of covers by all trucks that transport lignite, ash and other fine-particle bulk materials, spraying of water on unpaved haul roads, regular removal of material dropped down from belt conveyors.

Furthermore, the emissions control measures that are applicable in the mines of Western Macedonia are grouped into three main categories:

- Preventive measures, aiming at the elimination of the emission sources or, at least, the reduction of their potential to emit fine particles. Paving of main roads, control of the speed of trucks and/or conveyor belts, stoppage of excavations and transport during extreme weather conditions are some of the measures classified in this group. For the control of dust emissions due to wind erosion of waste heaps, the ultimate solution is reforestation. Up to now, in West Macedonia lignite mines about 4,000ha of waste heaps have been reforested.
- Measures of containment, aiming at keeping fine particles with the main material body transferred by the conveying system (e.g. the construction of pipe-type conveyor belts and the installation of covers over belt conveyors).
- Suppression measures, such as sprinkling of water or a chemical solution into the air above the handled material.

The implementation of emission control measures are also related to the daily records of the ambient air quality monitoring stations that are operating in the grater mining area. In Table 2 the air pollution criteria that activate immediate response of the authorities that are responsible to inform the public and take emergency action are shown.

Table 2 Criteria levels for each of the two stages of air pollution emergency related to high PM_{10} concentration[1]

Public information		**Emergency action**	
Concentration	Duration	Concentration	Duration
90 $\mu g/m^3$	7 days in 2 neighboring monitoring stations	110 $\mu g/m^3$	5 days in 2 neighboring monitoring stations

[1] adopted from Decision of General Secretary of Central Macedonia Region 9452 (ΦΕΚ1652Β/14-8-2008)

As far as the operation of mines is of concern, in case of air pollution episodes six action stages have been determined:

1 Increase of the number of tanker-trucks used for keeping wet the unpaved roads of the mines,
2 Increase of water sprinkling at the belt conveyors transfer points,
3 Stop of the traffic for all vehicles of sub-contractors,
4 Stop of the operation for all diesel-engine equipment of the mines,
5 Intermittent operation of belt conveyors that transport ash,
6 Stop of mine(s) operation until particulates concentrations drop below the limit value for emergency action.

The selection of the action stage that should be activated and the boundaries of the area where measures will be applied for every pollution episode should be determined taking into consideration the meteorological conditions and the intensity and duration of the exceedance of the limit values of PM_{10} concentrations.

6 Conclusions

For monitoring ambient air quality along the entire Florina - Ptolemais - Kozani basin, a network of 18 stations, which measure the concentrations of particulate matter (PM_{10} and $PM_{2.5}$) have been installed. This density of monitoring stations, expressed either as number of stations per unit area or as population served per station, is the highest in Greece.

From the spatial variation of PM_{10} concentrations it is concluded that particulate matter is not transferred to long distances to an extent that

it deteriorates quality of life in communities located at a distance of 15-50km from the mining and power generation activities. However, communities located in the proximity of these activities face many air pollution episodes. Nevertheless, these episodes are not related exclusively to the operation of mines and thermal power plants but also to natural phenomena and other human activities.

The determination of emission rates, which will be followed by the calculation of emission factors for every mining activity, should be a critical step for the determination of effective emissions control measures applicable in the mines.

References

1. BP. Statistical Review of World Energy, June 2017 (Available at https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate /pdf/energy - economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf), 2017
2. BS EN 15445. Qualification of fugitive dust sources by reverse dispersion modeling. Fugitive and diffuse emissions of common concern to industry sectors. September 2008., 2008
3. EURACOAL. Coal industry across Europa, 6th ed. 80p.
4. Filiou, A., Sachanidis, H. and Pavloudakis, F. (2011), Control of fugitive material in surface lignite mines, 16th Intl. Symposium on Environ. Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, Ioannina, Greece, 24-27 Sep. 2011., 2017
5. Krestou, A., Triantafyllou, A., Garas, S., Dimantopoulos, C. And Pavloudakis, F.: Preliminary results of the experimental determination of the characteristics of particulate matter emitted by fugitive sources. 4th Environ. Conf. of Macedonia, Thessaloniki, March 2011, (in Greek), 2011
6. Roumpos C., Pavloudakis F, Kouridou O.: Managing Surface Lignite Mining Projects in a Competitive Environment, IX International Brown Coal Mining Congress, Brown coal as a safeguard of energy security, Bełchatów, Poland, 435-444., 2006
7. Samara, C., Kouras, A., Manoli, E., Argyropoulos, G., Grigoratos, Th., Mpesis, A.: Chemical mass balance model for the determination of WMLC mines contribution to the atmospheric pollution of particulate matter PM_{10}. Final report. Aristotle Univ. of Thessaloniki, Environ. Pollution Control Lab., 128p. (in Greek), 2015

8. Triantafyllou, A., Mousiopoulos, N., Garas, S., Krestou, A., Douros, I., Diamantopoulos, C., Tsekouras, B., Mattheos, B., Skordas, G., Livaditou, E., Tsegas, G., Fragkou, E., Pavloudakis, F., Andreadou, S. and Kouridou, O.: PM_{10} emission coefficients – dispersion of fugitive sources of West Macedonia mines, 5th Environ. Conf. of Macedonia, Thessaloniki, March 2014, (in Greek), 2014
9. US EPA. AP42: Compilation of air pollutant emission factors, Vol. 1: Stationary point and area sources. 5th ed., Vol. 1, chapter 11.9. Research Triangle Park, NC, 1998
10. US EPA. A Review of Methods for Measuring Fugitive PM_{10} Emission Rates. Report - 454/R-93-037, 1993
11. Zerefos, C., Ziomas, I., Bais, A., Malati, C., Balis, D. and Toumpali, K.: Preliminary study of air pollution for SO_2 and particulate matter in Ptolemais basin. Aristotle Univ. of Thessaloniki, Department of Physics (in Greek), 1991

SEASONAL VARIATION IN GROUNDWATER LEVELS AND QUALITY IN WESTERN PART OF AMYNTEON LIGNITE BASIN (NORTH GREECE)

SEZONSKE PROMENE NIVOA I KVALITETA PODZEMNIH VODA NA ZAPADNOM DELU AMYNTEON BASENA LIGNITA (SEVERNA GRČKA)

Pavloudakis F.[1], Sachanidis C.[1], Roumpos C.[2]

Abstract

The aquifer hosted in the Quaternary sediments of the Amynteon lignite-bearing basin suffers from an intensive exploitation for irrigation and other domestic and industrial (energy generation) uses. Moreover, in order to achieve a safe mine operation and allow extraction of lignite to considerable depths, extensive mine dewatering by pumping is necessary. This situation, combined with the decreased precipitation rates of the last 20 years period, has resulted to a significant drop of groundwater level. Based on the results of groundwater level monitoring in the last 7 years some interesting conclusions regarding the hydraulic characteristics of the alluvial aquifer in the western part of Amynteon hydrogeological basin have been derived. The drop of water level exhibits significant spatial variations (0.2-42.8m), while groundwater flow and gradient follows a NW→SE direction and, at the west slope of the Amynteon mine a S→N direction.

[1] Pavloudakis F .,West Macedonia Lignite Centre, PPC SA, Greece
[2] Sachanidis C., West Macedonia Lignite Centre, PPC SA, Greece
[3] Roumpos C., Mines Central Support Department, PPC SA, Greece

Regarding groundwater quality, this is related to the rocks that form the greater tectonic basin of Amynteon. The concentrations of metals and heavy and toxic metals are low to negligible. The relatively increased concentrations of total iron and boron do not threaten the environment.

1 Introduction

In the last two decades great emphasis is given in the presence of trace elements and in particular of toxic and heavy metals in surface and groundwater. The scientific society focuses mainly on the deterioration of surface water (lakes and rivers) quality due to the transfer of fertilizers through untreated municipal and industrial effluents and agricultural activities lead to increased concentrations of nitrates, phosphates and heavy metals (Papadakis et al., 1997; Pavloudakis et al., 2003).

In the case of Amynteon lignite-bearing basin, the aquifers formed within its sediments are recharged by atmospheric precipitation and surface run-off from the mountains that form the NW border of the basin and consist from crystallized schist. Therefore, the quality of both groundwater and water pumped from irrigation / mine dewatering ditches is closely related to the characteristics of the sediments of the basin and the metamorphic and calcareous rocks of the surrounding mountains.

Furthermore, the present contribution investigates the impact of mining and agricultural activities on the groundwater quantity, in terms of drop of groundwater level. Also, it tries to confirm the conclusions of previous studies regarding the suitability of water for agricultural or industrial use, in spite of the mine dewatering processes and the applied agricultural practices (use of fertilizers, pesticides, etc.).

2 Geological and hydrogeological conditions

The study area belongs to the Pelagon zone and is a part of Florina - Vegoritida - Ptolemais graben, which is a large basin filled with Neogene - Quaternary sediments (Anastasopoulos & Koukouzas, 1972). The rocks that surround the sedimentation basin as well as its substrata consist of crystallised schist of the Pelagonian mass and the Mesozoic cover that lies on the schist unconformably. The Neogene sediments of the basin lie also unconformably on the crystallised schist. They consist of lacustrine marls, clays, sands, conglomerates and lignites (Kotis et al., 2001). The maximum depth of the sediments is 800m at the central and NW part of the basin. At the north part, sediments are covered by screes with a

maximum depth of 140m. At the south part, the fault of Anargyri brings into contact the sediments of the examined basin with the sandy marls of the Perdika – Varikon basin (Sachanidis et al., 2006; Patrikaki, 2011).

The basin consists of a plain part with two tectonic lakes (Zazari and Chimaditis) and the mountains of NW part. Its total area is 224.6 km^2 and its average absolute elevation is 768m. The average slope is 11.8% (Dimitrakopoulos, 2001). The density of hydrographic network is low, with main branches the stream of Sklithro and the central drainage ditch, which meets downstream the stream of Amyntas. The average annual precipitation for the period 2010-2016 is 517mm while the rainfall gradient is +44mm/100m. Regarding the water balance of the basin, according to Dimitrakopoulos (2001) the average temperature is 9.0^0C, the actual evapotranspiration 390mm (67.2%), the surface run-off 118.8mm (20.5%) and the groundwater recharge 71.2mm (12.3%).

The aquifers that are developed within this sedimentary basin are the following:

(a) The high-yield aquifer, which is formed in the Quaternary, alluvial sediments of the overburden strata of the lignite deposit, with a maximum depth of 280m. It is considered as uniform and isotropic, although it exhibits complex stratigraphy, consisting of permeable (sands, conglomerates), semi-permeable (sandy marls) and aquiclude rocks (clayey marls). However, the normal tectonic allows hydraulic interconnection of permeable sediments both vertically and horizontally. Below this aquifer, the lignite strata has negligible yield while the aquifer that underlies the lignite strata, which consists of fine, lacustrine sediments of Pliocene, has limited yield (Panilas et al, 2001; Dimitrakopoulos, 2001).

(b) The Karst aquifers of the mountains located at the NW part of the basin, which are formed within the highly karstified and partially diluted calcareous rocks. Perched aquifers of limited expansion and yield are also formed at the north part of the basin, in contact with the Neogene sediments (Stamos et al., 1991).

(c) The Karst aquifer of high yield that is formed within the limestone of Triassic-Jurassic Period, at the east part of the basin and below the clayey and sandy marls of the lignite deposit, in depths more than 500m. (Papaconstantinou, 1982; Marinos et al., 1999).

(d) The aquifers that are formed within gneiss and schist, with high secondary porosity.

3 Methodology

In situ water sampling was conducted from irrigation and water supply wells and the central drainage ditch of the basin during the period 2010-2016. The chemical analyses carried out concern physicochemical and organoleptic characteristics, minor elements and minerals concentrations and unwanted substances. Water samples were analysed using widely applied methods and instruments in the chemical laboratories of the Institute of Geological and Mineral Exploration, the counties of Florina and Kozani, the University of Patras and in certified private laboratories.

4 Results and discussion

4.1 *Groundwater level*

The study of piezometric surface concerns the upper system of aquifers, which is developed in the sediments of the basin. Wells located at the margins of the basin, which pump water from the deeper aquifer of the crystallised schist (gneiss, schist, limestone), were ignored.

The two piezometric maps presented in Figure 1 were based on data collected from selected irrigation, water supply and mine dewatering wells of the basin. From the form of the piezometric surface, some useful conclusions regarding groundwater movement are deriving, while from its seasonal variations, the variation of groundwater reserves can be estimated and some water quality characteristics can be predicted.

According to the stratigraphy of Neogene sediments and the hydraulic characteristics of the basin, the upper (mainly Quaternary) aquifer that is developed above the lignite bearing strata is confined or semi-confined and becomes unconfined to semi-unconfined to the south part of the basin. In the screes, to the north of the national road Florina - Kastoria, the aquifer is unconfined. Also, a confined aquifer exists to the east of Lake Zazari, due to the stratigraphy and the tectonism of the sediments and the recharge mechanism from the metamorphic rocks of the NW part of the basin. Close to Lake Cheimaditis there is a well that exhibits conditions of flow under pressure, mainly during the wet period. This is because of the lateral recharge mechanism of the well from the fractured tectonic crystalline basement of the lake.

According to the data collected in the framework of this study, the aquifer has high yield at the central and NW part of the basin and lower yield at the south and west part.

Moreover, in Figure 1 the variation of groundwater level of

Western Amynteon basin between years 2010 and 2016 is shown. The wave-form of isoparametric curves is obvious, with converging and diverging flow lines. The drop of groundwater level during this period is related to the previously described hydrogeological conditions as well as to human activities, such irrigation and mine dewatering.

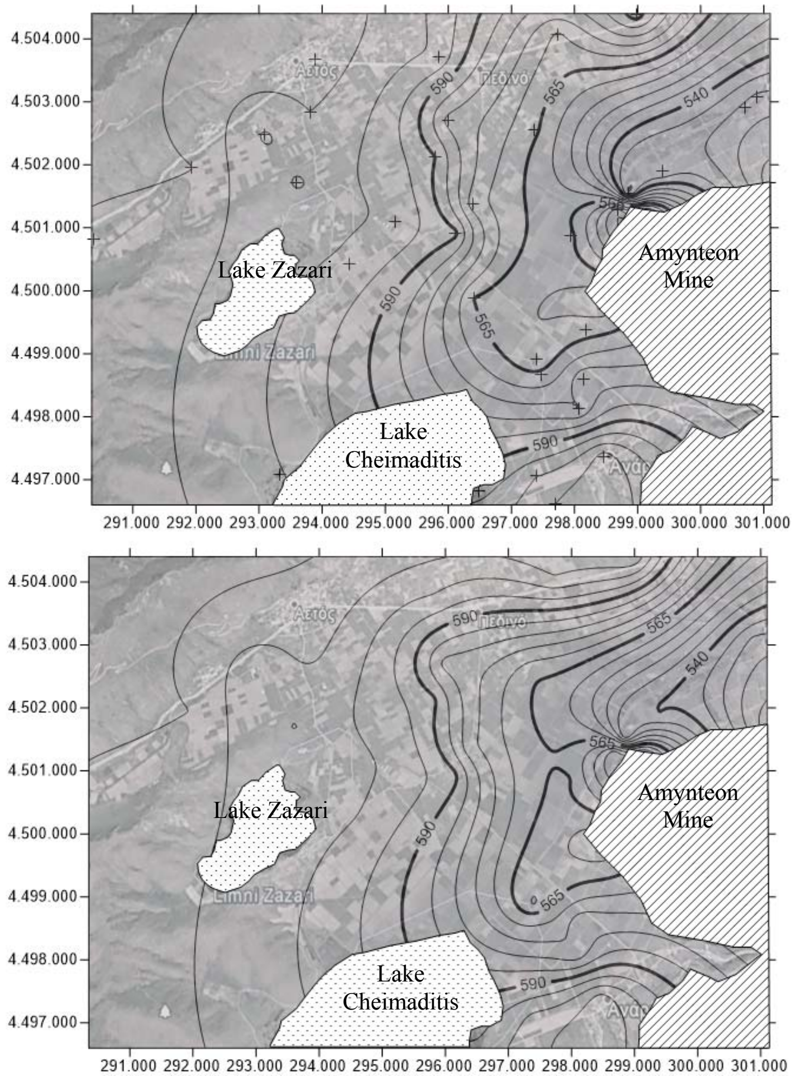


Fig. 1 Variation of groundwater level in Western Amynteon basin between years 2010 and 2016

The maximum drop of groundwater level in the period 2010-2016 was 104.5m and it was measured in a well located close to the south slope of the lignite mine, due to the pit dewatering and the low permeability of the sediments. However, after the end of irrigation period, significant recovery of groundwater level occurs.

The hydraulic parameters of the upper aquifer were determined by pumping tests that carried out from 1990 to 2009 in numerous wells. Relevant data was also gathered from the literature (IGME; Dimitrakopoulos). In the central part of the basin, the values of transmissivity (T), hydraulic conductivity (K) and storativity (S) are as follows: $K = 4.3*10^{-5}$m/s, $T = 6*10^{-5}m^2/s - 9.1*10^{-2}m^2/s$, Ss = 1,4014 (IGME), $T = 4.45*10^{-3}m^2/s$, $S = 3.57*10^{-2}$ (Dimitrakopoulos, 2001), $K = 3.2*10^{-5}m/s - 2.1*10^{-6}m/s$, $T = 2.8*10^{-3}\ m^2/s - 7.9*10^{-5}\ m^2/s$, (Internal study of PPC for the dewatering process of Amynteon mine, 1990). In the screes existing to the east of Aetos village the transmissivity is $T = 3.2*10^{-5}\ m^2/s$ and the hydraulic conductivity $K=1.5*10^{-6}$m/s, determined with a pumping test that lasted 20 hours.

4.2 *Water quality*

Water sampling was carried out in 34 irrigation, water supply and mine dewatering wells and 3 interconnected surface water bodies: the lakes Zazari and Cheimaditis and the central drainage ditch of Amynteon basin, which flows into Lake Petron.

The number of samples collected from each sampling point within a seven years period (2010-2016) varies from 1-13.
Based on the results of chemical analyses presented in Table 2, a variation of water quality is evident, which is related to the following:

- the depth of Pliocene - Pleistocene sediments,
- the recharge mechanism of the confined, semi-confined, unconfined sedimentary aquifers and the deeper Karst aquifer,
- the existence of crystalized schists in the mountains that surround the basin, and
- the stratigraphy of Quaternary and Pliocene sediments.

Groundwater

In Table 1 the main physicochemical characteristics and the concentrations of metals in surface and ground water samples collected from 37 sampling points in Western Amynteon basin are presented.

Table 1: Basic physicochmical characteristics and concentrations of metals in groundwater samples collected from wells of Amynteon basin

	GT02	GT03	GT05	GT09	GT10	GT11	GT13	GT14	GT17	GT22	GT24	GT32	GT33	GT36	GT 38	GT39	GT40	GT41
pH	7,5	7,75	7,9	7.8	7,5	7,93	7,1	8,1	7,1	7,3	7,4	7,52	7,4	7,1	8,1	7,6	7,2	8,02
E.C (25^0C)	802	905	1124	1118	980	1162	993	892	448	453	452	494	688	781	944	201	325	1722
TDS 180^0C(mg/l)	539	589	731	735	607	751	649	580	279	352	294	321	447	508	652	131	212	1205
Alkalinity pheno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alkalinity heliant	345	417	456	476	411	482	276	458	0	375	198	248	452	450	202	72	119	800
Total hardness	402	452	384	588	556	316	408	358	243	396	210	184	378	452	472	91	128	453
CaH	168	154	102	198	254	94	210	88	95	142	100	110	252	172	181	33	46	83
MgH	234	298	282	402	302	222	198	270	148	254	110	70	126	280	291	52	82	370
NCH	57	35	0	112	145	0	132	0	0	0	12	0	0	2	0	19	9	0
HCO_3(mg/l)	421	501	551	584	556	596	335	330	239	385	247	302	335	554	239	417	135	976
Cl^- (mg/l)	45	62	98	53	98	95	29	56	16	39	13	14,3	29	6,1	49	6,1	11	139
SO^{-4}(mg/l)	53	82	172	215	254	79	142	59	21	125	17	25,6	142	12	221	15	36,4	83
Ca^+ (mg/l)	75	62	42	78	86	36	132	15,9	82	72	79	43	132	129	69	98	33	33
Mg^+ (mg/l)	59	76	74	95	108	52	16,5	78,8	12,9	121	4,2	16	25	28,4	66	29	8,9	90
Na^+ (mg/l)	56	57	78	65	74	174	18	109	15	25	9	42	19	7,2	36	8,9	21	254
K (mg/l)	2,3	2,3	2,6	2,3	3,5	2,6	2,1	1,9	0.7	1,8	1,1	1,9	1,4	2,5	4,3	2,8	6,1	4,2
CO^{-3} (mg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	….
NO^{-3} (mg/l)	4,1	2,9	1,3	2,4	4,1	1,9	6,3	6,9	16	7,9	10,2	4,6	7,9	11,8	7,6	5,8	5,4	1,2
NO^{-2} (mg/l)	0,35	0,15	0,001	0,23	0,015	0,3	0,03	0,25	0,003	0.01	0,032	0,00	0,01	0,012	0,19	0	0,01	0,03
NH^{+4} (mg/l)	2,9	1,9	0,00	1,24	0,21	5,9	0,12	4,9	0,6	1,1	0,24	0,28	0,8	0,27	0,09	0,15	0,11	7,8
Fe (ppb)	141	259	95	325	95	89	379	18	136	356	326	314	157	820	105	456	147	371
Mn (ppb)	32	31	41	59	4	51	65	0	42	52	46	110	24	54	58	3	178	27,4
As (ppb)	1,1	1,3	<0,50	0,8	1,1	<0,50	0,9	1,5	0,9	1,9	1,5	1,4	1,2	1,4	2,1	1,6	0,9	<0,50
Ni (ppb)	<10	<10	<10	<10	<5	15	15	<10	<5	<10	<5	<10	<5	<5	<5	<5	<5	<10
Cd (ppb)	<2	<2	<2	<2	<1	<2	<1	<2	<1	<2	<1	<2	<1	<1	<1	<1	<1	<2
Cr (ppb)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	12	<5	81	<5	27,4
Pb (ppb)	<10	11	<10	<10	<5	<10	<5	<5	<5	<5	<5	<10	<5	<5	<5	<5	<5	<10
Cu (ppb)	<5	<5	12	<5	<5	<5	19	<5	69	<5	69	<5	69	<5	<5	28	<5	<5
Zn (ppb)	10,8	14	5,9	25	25	6	142	12	158	12	175	15	18	<5	12	<5	12	3,2
Hg (ppb)	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Al (ppb)	15	14	<20	18	<5	25	114	21	56	21	104	10	32	<5	145	112	75	284
Ba (ppb)	78	102	98	56	59	154	104	65	36	58	26	45	42	62	62	45	47	105
B (ppb)	254	523	425	426	786	1564	84	689	47	125	59	356	68	102	589	359	569	12624
Se (ppb)	<20	<20	<20	<10	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<10	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Sr (ppb)	294	256	356	256	356	568	402	359	251	426	389	367	325	367	423	423	401	709

The pH is neutral to basic, varying in a relatively narrow range (7.0-8.1). The lower values have been measured in areas close to gneiss and schists. Slightly acidic pH values (6.7) have been measured in wells close to the springs of naturally carbonated water "Xino Nero". TDS concentrations vary from 279 mg/l to 731 mg/l in the central and SE part of the basin. Hardness has relatively low values close to metamorphic rocks and higher values in the north and NW parts of the basin, within karstified rocks (Dimitakopoulos, 2001). Similar spatial variation exhibits Ca concentration. High Mg^{+2} concentrations were determined in the SW part of the basin, in wells bored close to metamorphic rocks (Dimitakopoulos, 2001). The relatively high concentrations in Anargyri village and to the north of Amynteon mine is due to the presence of $MgCO_3$ in the sediments. Na^+ concentrations do not show systematic spatial variations. The highest concentration is 179mg/l in the central part of the basin (Dimitrakopoulos, 2001). Na^+ has been detected in the sediments of the basin in the form of plagioclase, orthoclase and microcline, minerals that are inclosed in clays and sands. The relatively low Sodium Absorption Ratio (SAR) made groundwater suitable for irrigation.

Sulphur has increased concentrations in the SE part of the basin (Anargyri village), while in the WSW part of the basin, where metamorphic rocks exist, its concentration is reduced. Sulphur is present in the sediments in the form of the soluble minerals gypsum and anhydrite, as well as the less soluble minerals of Ba and Sr. Also, Sulphur is related to the bacterial oxidation of pyrite (Lambrakis, 2009).

In general, significant spatial variations of the concentrations of Fe, Mn, B, NH^{+4} and NO^{-2} have been determined, as well as variation depended on the pumping depth. Parts of the sedimentary aquifer, which are recharged through the metamorphic rocks of the NW margins of the basin, exhibit zero to low concentrations of NH^{+4} and low hardness, while Fe_{tot} and Mn^{+2} concentrations varies from increased to high (Sachanidis & Pavloudakis, 2001; Dimitrakopoulos, 2001).

Concerning in particular the concentration of NH^{+4}, this varies significantly even in samples collected from neighboring wells in several parts of the basin. Due to the stratigraphy of the sediments and the paleo-geographic and paleo-environmental conditions of Quaternary period, there are wells with high concentrations of NH^{+4}, NO^{-2}, Fe_{tot} and Mn^{+2}. The aquifer developed under the lignite-bearing strata exhibits higher concentration of NH^{+4} and NO^{-2} (Sachanidis & Laskos, 2000). There are also shallow wells (30-90m depth) that have been bored above the lignite seams (upper aquifer), which exhibit increased concentrations.

The above fact can be explained by the plastic behaviour of Quaternary sediments, which form synclines where organic matter is accumulated and humic acids are produced. The synclinic form of the seams combined with the formation of confined or semi-confined aquifers favour the formation of reducing conditions, which in turn contribute to the increase of NH^{+4}, NO^{-2}, Fe_{tot} and Mn concentrations (Sachanidis, 2001; Anagnostopoulos, 1989; Vasilakiotis, 1981).

NH^{+4} concentration in the central part of the basin is 5.9 ppm due to the joined effect of tectonism, the presence of lignite and the formation of reducing conditions (Kallergis, 2000). NH^{+4} is formed due to the contact of groundwater with lignite seams and not to wastewater effluents from domestic and agricultural activities. In the saturated zone, ammonia is present as NH^{+4} and NH_3 while in the unsaturated zone it is possible to be transformed to NO^{-2} and NO^{-3}.

NO^{-3} concentrations do not exceed the drinking water limits. It seems that human activities (use of fertilizers) do not affect surface and ground water quality. The high concentrations of NO^{-2} in some wells are related to the lignite strata and the decay of organic matter (Kallergis, 2000; Lambrakis, 2009).

Also, Fe_{tot} in many wells of the west and SE parts of the basin exhibits high concentrations (max 821 ppb). This is because of (i) the clastic metamorphic sediments (sands, conglomerates, sandstones), coming from gneiss-schists of the surrounding mountains and filled the streams of the paleo-topography, (ii) the presence of pyrite, which is transformed to Fe and Mn due to reducing conditions and bacterial action. High Fe_{tot} and Mn^{+2} concentrations made water unsuitable for water supply.

Moreover, According to the data presented in Table 1, the concentrations of trace elements do not exceed the limit values determined by the drinking water standards and, in general, exhibit low concentrations that do not threaten the quality of environment. Only Boron (B) exhibits high concentrations in seven wells and in samples collected from Lake Cheimaditis. This is probably related to the presence of Tourmaline, Gypsum, Anhydrite, Al minerals and lignite in the sediments of the basin (Lambrakis, 2009; Swaine 1990).

Finally, Figures 2 and 3 show graphically the suitability of waters of Western Amynteon basin for irrigation. The piper diagram of Figure 2 compares the ionic compositions of the collected water samples and groups them according to their hydrochemical characteristics in the following facies:

- Cations: Calcium, magnesium and no dominant type

– Anions: Bicarbonate type
– Combination: Magnesium bicarbonate, mixed type.

In the Wilcox diagram of Figure 3 it is shown that most water samples are characterized either as excellent to permissible or as good to permissible, with the exception of two samples, which are classified as permissible doubtful for irrigation purposes.

Surface water samples

The physicochemical characteristics of surface water samples exhibit values within the limits specified by laws and regulations, with two exceptions for total iron concentration in Lake Zazari, which is related directly to the metamorphic rocks of the catchment area, and Boron (B) concentration in the main drainage ditch in and in Lake Cheimaditis.

Also, sulphates have increased concentrations in relation to the other elements, but their average concentration is below the limit. Sulphates are present in the sediments of the basin as soluble minerals (gypsum and anhydrite), but also as less soluble minerals (barium and strontium) (Anthimidis et al., 2002). The sulphuric root is associated with pyrite found in the form of crystals in the sediments of the lignite deposit, which is a source both of sulphur and iron due to oxidation and biogenic processes that take place (Lambrakis, 2009). The concentrations of iron and Manganese are lower, compared to the concentrations in groundwater samples. This is because of oxidation of Fe^{+2} to Fe^{+3} when water comes into contact with air.

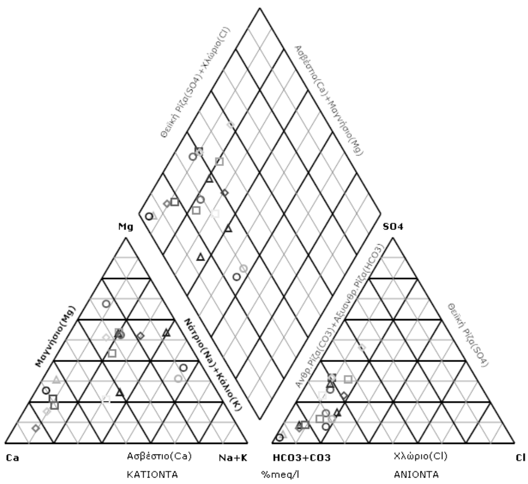


Fig. 2 Comparison of the ionic composition of 37 samples of surface and ground water samples of Western Amynteon basin (piper diagram)

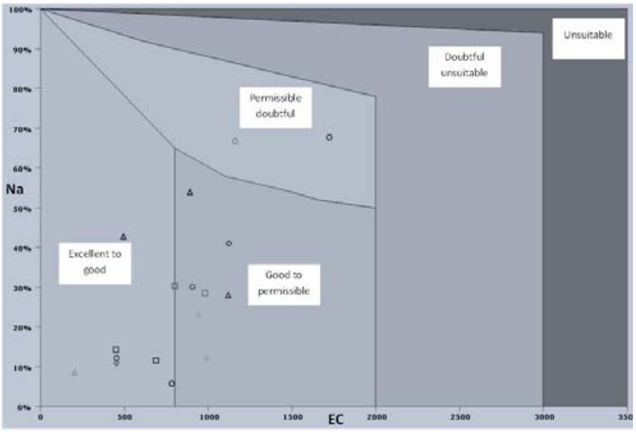


Fig 3 Characterisation of water samples for their suitability for irrigation based on their Na^+ concentrations and Electrical Conductivity values (Wilcox diagram)

As far as trace elements concentrations are of concern, the quote "everything contains a little of everything" is valid in this case, though their concentrations are much lower than the limit values and does not threat the quality of environment by no mean, including irrigation.

5 Conclusions

Based on the spatial variation of groundwater level in the Western Amynteon hydrological and hydrogeological basin during two different periods (years 2010 and 2016), it is concluded that the predominant direction of groundwater flow is from the NW part of the basin to the central part. As a consequence, the characteristics of surface water and groundwater of Western Amynteon basin are directly related to the crystalized schists of the mountains of the NW part of the basin. This is confirmed also by the results of analyses of water samples collected from wells and from the central drainage ditch of Western Amynteon, which shown the close relation between water quality and the lithology and stratigraphy of the sedimentary, lignite-bearing basin as well as the presence of calcareous and metamorphic rocks in the surrounding mountains.

References

1. Anagnostopoulos K. A.: The pollution of environment, p. 425, Thessaloniki 1989

2. Antonopoulos V.: Quality and pollution of the ground water, p. 344, ZITI Publications, Thessaloniki 2001
3. Anastopoulos J. C., Koukouzas N.C.: The lignites of the southern part of the lignite-bearing Ptolemais basin. Institute of Geological & Minerals Exploration, Athens, pp. 201,1972
4. Charalambides A., Baker J., C. A. Constantinou; G. Constaninou; E. Kyriakou; P. Van Dijk; G. Gournari; B. Van Os; A. Shiatas: Surface and groundwater pollution from old mines in Cyprus. Proc. of 4th Hydrogeological Conf. with emphasis in contamination-pollution of surface and groundwater water, pp. 570-581. Thessaloniki 1997
5. Dimitrakopoulos D.: Hydrogeological conditons in open pit lignite mine of Amyndeon. Problems during their excavations and encounters. Thesis (PhD), Technical Univ. of Athens, 2001
6. Kallergis G.A.: Applied hydrogeology - Volume A, B, C. 2nd edition. Technical Chamber of Greece. Athens 2000
7. Kotis T., Ploumidis M., Dimitriou D.: Economic geology of the Amyndeon lignite bearing. pp.86 IGME, Athens 1986.
8. Lambrakis N.: Introduction of Geochemistry. University of Patras. School of Geology, 2009
9. Marinos P., Perleros V.: Hydrogeological investigation conditions of the Amyndeon lignite bearing and the deep karstified aquifers. Report, Univ. of Athens / Dept. of Engineering Geology, 1999
10. Papadakis et al.,: Estimation of the status water supplied and system sewage in the Macedonia and Thace. Proc. of 1st Macedonian Environmental Conf. Thessaloniki, pp.192-205., 1997
11. Panilas S. Koumantakis I.,: Water quality characters of the ground water southern part basin of Ptolemais. 9th Intl. Congress of the Hellenic Society Geology with emphasis to the contribution of the development of Geosciences. 9th Vol. No 5, pp. 1893-1901., 2001
12. Papaconstantinou A.,: Hydrogeological study in the aquifers of Western Macedonia. IGME 1982. Athens.
13. Patrikaki O.,: Hydrogeological investigation of Potamias river hydrological basin, Kozani District, Western Macedonia. PhD Thesis. Aristotle Univ. of Thessaloniki / Department of Geology, 2009
14. Pavlidis V.S.: Neotectonic evolution Florinas-Vegoritis-Ptolemais basin (W.Macedonia), Thesis presented 9PhD) Aristotelian University of Thessaloniki. Thessaloniki 1985.
15. Pavloudakis F., Sahanidis C., Charalampides G.: Integrated water and waste management in coal mining areas. 2nd Intl. Conf. on

ecological Protection of the Planet Earth, Proc. pp. 657-664, 5-8 June, 2003, National Palace of Culture, Sofia, Bulgaria.

16. Sachanidis C., Laskos K.: Water quality of the LAPC Problems – Corrections and their relations with the environment, Proc. of the 1st Conf. of Commission of Economic Geology, Mineralogy and Geochemistry, pp. 380-397, Kozani 2000.
17. Sachanidis C. Pavloudakis F.,: Control of the quality superficial and ground water of the wide region of mines area Lignite Center Ptolemais –Amyndeon. 9th Intl. Congress of the the Hellenic Society Greece with emphasis to the contribution of the development of Geosciences. 9th Vol. No 5, pp. 1941-1949.,2001
18. Stamos A., Zambokas N.: Some hydrogeological data of the wide lignite bearing region Komnima, concerning the hydrological protection of the mine. p. 42, IGME 1991 Athens.
19. Swaine D.J.: Trace Elements in Coal. Butterworths London, 1990

POUZDANOST I RIZICI REALIZACIJE RUDARSKIH PROJEKATA

RELIABILITY AND RISKS OF MINING PROJECTS REALIZATION

Pavlović V.[1], Ignjatović D.[2] Šubaranović T.[3]

Apstrakt

Postoji stalna potreba da se analizira pouzdanost ili rizik realizacije svih tipova rudarskih projekata, sa posebnim osvrtom na izradu i sprovođenje strateških i pojedinačnih dokumenata razvoja rudarskih kompanija. Promenljivi geološki ležišni uslovi, kao i visok stepen neizvesnosti vezan za unutrašnje i spoljašnje faktore okruženja, povlače stalnu i obaveznu proveru toka i kontrolu pouzdanosti i rizika projekata, kroz sadržajno posmatrano studije opravdanosti. One u osnovi sadrže procenu mogućnosti eksploatacije sa ekonomskim vrednovanjem. Tako je neophodno, kada je reč o našem okruženju, i kontinuirano praćenje realizacije svih programa i izvođačkih projekata u površinskoj eksploataciji. Imajući u vidu tekuće promene u EPS, koja je naša vodeća rudarska kompanija, menadžment treba ovoj problematici da posveti izuzetnu pažnju, a posebno kada je u pitanju usvojeni Dugoročni program razvoja eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS, kao strateški dokument.

[1] Prof. Dr Pavlović Vladimir, Centar za površinsku eksploataciju, Beograd
[2] Prof. Dr Ignjatović Dragan, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[3] Doc. Dr Šubaranović Tomislav, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

***Ključne reči*:** strategija, kontrola, pouzdanost, rizik

Abstract

There is a constant need to analyze the reliability or risk of the realization of all types of mining projects, with a special emphasis on the development and implementation of strategic and individual documents for the development of mining companies. Variable geological bed conditions, as well as the high degree of uncertainty related to internal and external environmental factors, entail a constant and mandatory flow check and control of the reliability and risk of projects, through observing the content of feasibility studies. They basically contain an appraisal of exploitation possibilities with economic valuation. Hence it is necessary, when it comes to our environment, to continuously monitor the realization of all programs and execution projects in surface mining. Bearing in mind the current changes in EPS, which is our leading mining company, management should give special attention to this issue, especially when it comes to the adopted Long-term program for the development of coal mining in coal basins of EPS, as a strategic document.

Key words: strategy, control, reliability, risk

Uvod

Realizacija investicionih rudarskih Projekata i Programa gotovo uvek započinje izradom rudarske Studije opravdanosti (*Mining Feasibility Study*), koja po sadržaju i cilju može biti veoma fleksibilna, ali po pravilu dokazuje ekonomsku isplativost eksploatacije. Pri tome, Studija obuhvata kredibilnu ocenu rezervi, konstrukciju troškova i dinamiku finansiranja, dinamiku razvoja, plan realizacije projekta, proizvodnju, preradu i marketing. Studijom opravdanosti se, takođe, analiziraju postojeće i potrebne infrastrukturne mogućnosti, i planira realizacija neophodnih dozvola i saglasnosti vezanih za socijalne i ekološke zahteve. Za konačno i realno ostvarenje izvođačkih projekata površinske eksploatacije, Studija predviđa kompletiranje detaljne tehničke dokumentacije i realizaciju na terenu. Izradu i završetak Studije opravdanosti, a posebno njeno izvođenje sa tehno-ekonomskog aspekta, prati niz rizika u slučajnom procesu, pa je u toku rada neophodno stalno analizirati pouzdanost ili rizike njene realizacije. Prema Pravilniku o sadržini, identična problematika prati i realizaciju Dugoročnih programa razvoja, kao i Glavnih rudarskih projekata i druge tehničke izvođačke dokumentacije,

koja je opterećenija detaljnim prostornim, ekološkim, tehnološkim i sociološkim aspektima, uključujući i visoke stepene rizika.

1. Analiza nepouzdanosti ili rizika rudarskih projekata

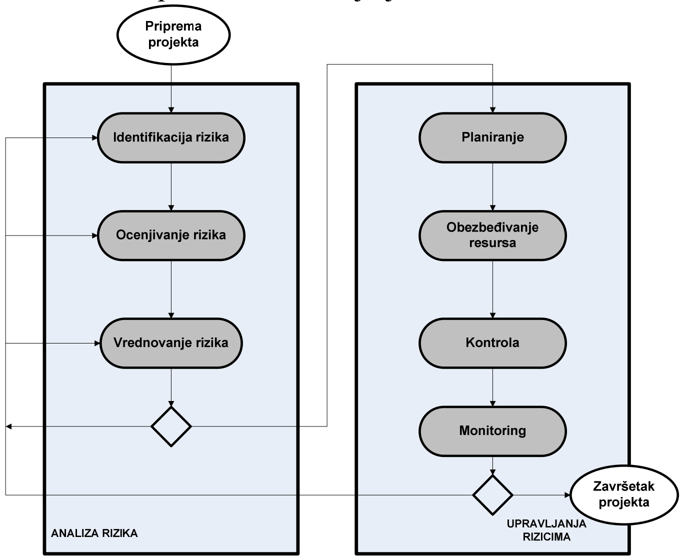
Nepouzdanost ili rizik realizacije rudarskih projekta ili potprojekata je uopšteno definisan kao *mogućnost nepoželjnih posledica budućih događaja*. Rizik suštinski predstavlja nepouzdanost i vrednosno kao verovatnoća dopunjava pouzdanost do jedinice. Uzroke rizika je moguće tražiti u raspoloživosti jednog ili više sledećih faktora koji utiču na rizik projekta: *nadzor*, *podaci* i *resursi* (novac, vreme, veštine učesnika i oprema). Previše ili premalo bilo kog od ovih faktora predstavlja rizik (na primer: premalo podataka onemogućava efikasno odlučivanje, dok višak podataka otežava efikasnu analizu). Efikasnost upravljanja rizicima zavisi od identifikacije uzroka rizika i od kontrole koja se izvodi nad tim uzrocima. Sprečavanje ili smanjivanje uzroka rizika je efikasniji način upravljanja rizicima, nego analiza i otklanjanje posledica nepoželjnih događaja. Kontrola rizika je nužna za uspešno izvođenje projekta. Najviše razloga za neuspeh projekta je u nedovoljnom praćenju problema koji nastaju u svim fazama životnog ciklusa projekta. Kod velikih, obuhvatnih, kompleksnih ili inovativnih projekata postoji velika verovatnoća da su izloženi visokom stepenu rizika.

Rudarski projekti su po pravilu veliki i kompleksni, pa je zbog toga neophodno, u mnogo slučajeva, predvideti neuobičajene i nesvakidašnje faktore koji prouzrokuju rizik. Ovakvi projekti u osnovi imaju dve vrste rizika:

- *Poslovni rizik* predstavlja opasnost da konačni rezultati projekta neće doneti očekivane efekte. Odgovornost za prevazilaženje ove vrste rizika snosi projektni menadžment.
- *Projektni rizik* predstavlja rizik da ciljevi projekta ne budu postignuti u dogovorenim rokovima i sa dogovorenim troškovima. Prevazilaženje ove vrste rizika je u domenu menadžera projekta i svih tim menadžera. Na prevazilaženju ove vrste rizika po potrebi mora da se uključi i projektni menadžment (koordinatori projekta i sa strane naručioca i sa strane izvođača).

Aktivnosti na prevazilaženju potencijalnih rizika moraju da se sprovode u kontinuitetu tokom trajanja projekta. *Analizi rizika* i aktivnostima planiranja posebna pažnja se posvećuje u nadzornim tačkama projekta. Na Slici 1, prikazan je model procesa analize rizika i model procesa upravljanja rizicima.

Rezultati analize rizika koriste se kao osnova za upravljanje rizicima. Bez razumljivih i sigurnih podataka o prirodi rizika, postoji mogućnost da sve dalje aktivnosti na realizaciji projekta budu neefikasne ili čak besmislene. Postupak analize rizika je iterativan. Prvi krug kroz proces analize rizika identifikuje zapažene rizike, koji postaju manje ili više važni, kad se ciklus potpuno ponovi. Za razumevanje važnosti rizika za projekat, potrebno je oceniti verovatnoću njegovog pojavljivanja i njegove posledice. Ta procena može biti ograničena na kvalitativan opis, koji u mnogo slučajeva zadovoljava. Verovatnoća i posledice rizika mogu biti kvantifikovani i tako poslužiti za detaljniju analizu.



Slika 1. Model procesa analize rizika i model procesa upravljanja rizicima

Proces analize rizika ili nepouzdanosti obuhvata tri procesne aktivnosti:

- *Identifikacija rizika* - inicijalizacija spiska svih potencijalnih rizika na projektu.
- *Ocena rizika* - određivanje važnosti rizika na osnovu ocene verovatnoće pojavljivanja rizika i posledica rizika za projekat.
- *Vrednovanje rizika* - odlučivanje o tome da li je stepen svakog rizika (ne) prihvatljiv. U slučaju neprihvatljivosti rizika neophodno je odrediti mere koje rizik čine prihvatljivijim.

Upravljanje rizicima (*Risk management*) obuhvata sledeće glavne aktivnosti: planiranje, obezbeđivanje resursa, kontrolu i monitoring. Sa

obzirom na to da se proces eliminacije ili smanjenja rizika obavlja paralelno sa drugim projektnim aktivnostima, upravljanje rizikom praktično započinje u fazi inicijalizacije projekta i to procesnom aktivnošću planiranja, kada se identifikuju i vrednuju rizici i planiraju mere za njihovu eliminaciju, i nastavlja se kroz celi životni ciklus projekta. Aktivnosti, koje proizilaze iz upravljanja rizicima, treba da su usklađene sa ostalim aktivnostima projekta, koje proizilaze iz sadržajnih i tehničkih zahteva. Verovatnoću pojave i uticaja identifikovanih rizika treba proceniti, uzimajući u obzir iskustva i prethodne podatke sa ranijih projekata, pri čemu treba obratiti pažnju na korišćene metode i kriterijume. Kvalitativnu analizu, koja obuhvata procenu ozbiljnosti rizika i verovatnoće uticaja na projekat, treba uvek uraditi. Kvantitativna analiza, koja razvija metode merenja verovatnoće rizika i njegovog uticaja na projekat, treba da usledi kada god je to moguće. Glavni cilj izrade plana upravljanja rizicima je definisanje svih faktora u vezi potencijalnih rizika, izbor aktivnosti koje treba preduzeti da oni budu eliminisani ili smanjeni i utvrđivanje nosioca odgovornosti za te aktivnosti.

2. Analiza realizacije i pouzdanost/rizik rudarskih projekata

Rudarska Studija opravdanosti, kao i Dugoročni program razvoja, sadrže procenu razvoja eksploatacije i ekonomsko vrednovanje. Ovo prati detaljno utvrđivanje kapitalnih i operativnih troškova uz realizaciju uobičajenog nivoa poverenja od +/-15% za Studije opravdanosti i do +/-25 % za Dugoročne programe i Prethodne studije opravdanosti (*Mining Prefeasibility Study*). Neophodan je preliminarni rezultat analize neto sadašnje vrednosti (*Net Present Value* - NPV) i povraćaja investicija (*Return of Investment* - ROI). Mnoge faze izrade prate nesigurni podaci i postavke vezane za uslove toka realizacije, nivo poverenja u odnosu na kapitalne i operativne troškove i ukupnu vrednost Projekta. Neophodna je pouzdana procena troškova Projekta pre verifikacije rashoda (*Authorization for Expenditure* - AFE), uz jasno definisanu transparentnost eksperata i odgovornost za odbranu procenjenih parametara i vrednosti. Na taj način, Prethodne studije opravdanosti, Studije opravdanosti ili Dugoročni programi treba da usaglase i postignu i troškovnu i dinamičku pouzdanost uz minimalne rizike.

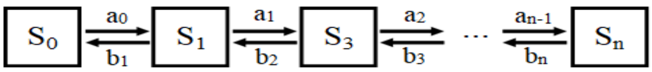
Projekti razvoja rudarstva uključuju koncepcijska rešenja i detaljnu kontrolu tokom realizacije Projekata. Nije neuobičajeno da se realizacija završene Studije opravdanosti, Glavnog rudarskog projekta ili Dugoročnog programa uspori ili zaustavi zbog nemogućnosti kreditiranja

pod realnim ili tržišnim uslovima, krize poslovanja ili promene politike zainteresovanih strana. Pored ekonomskih i strateških razloga, odstupanja mogu nastati i zbog drugih ekoloških, socijalnih, tehnoloških i operativnih problema i sporova. Ovo ukazuje i na potrebu da se hitno i kontinuirano vrši i analiza stanja usvojenog projekta *Dugoročni program eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS*.

Praćenje fazne realizacije projekta po stanjima je složen zadatak. Prihvatljivo je rešavanje jednačina stanja projekta korišćenjem grafa sa pravilom da je *verovatnoća svakog stanja jednaka sumi verovatnoća svih tokova koji prelaze iz bilo kog stanja u dato stanje umanjenoj za verovatnoću sume svih tokova koji iz datog stanja idu u druga stanja*. Za izračunavanje verovatnoća stanja projekta, potrebno je rešiti sistem diferencijalnih jednačina:

$$dp_i/dt = \Sigma a_{ji} * P_j - P_i \, \Sigma a_{ij}, \quad (i, j = 0, 1, 2),$$

gde su intenziteti prelaza iz datog stanja S_i vrednosti a_{ij}, a u stanje S_i vrednosti a_{ji}.



Slika 2. Graf stanja fazne realizacije projekta

Na osnovu ovog pristupa, mnogi problemi vezani za proračune verovatnoće pouzdanosti ili rizike faza procesa rada na bilo kom tipu rudarskih projekata, mogu se rešavati na bazi teorije masovnog opsluživanja za procese *Funkcionisanja i Otkaza*. Prema grafu datom na Slici 2, granične verovatnoće svih mogućih stanja od *0* do *n* dobijaju se iz sledećih formula:

$$P_0 = 1/(1+a_0/b_1+a_0*a_1/b_1*b_2+...+a_0*a_1*...*a_{n-1}/b_1*b_2*...*b_n)$$
$$P_1 = (a_0/b_1)P_0$$
$$P_2 = (a_0*a_1/b_1*b_2)P_0$$
$$P_n = (a_0*a_1*...*a_{n-1}/b_1*b_2*...*b_n)P_0$$

Složenost rešavanja problema rizika realizacije projekata na ovaj kompleksan način, obuhvatanjem istovremeno svih mogućih stanja projekta, ogleda se u potrebi prevelikog broja vremenskih podataka koji često nisu u potpunosti dostupni ili dovoljno realni. Zbog toga je jednostavnije rešenje tražiti u analizi susednih faza, kako je dato u narednom i u mnogim drugim primerima.

Najjednostavniji i često korišćen je primer rešavanja jednačina korišćenjem grafa sa dva susedna stanja procesa projekta (Slika 2 - *stanja*

S_0 i S_1), sa pravilom da je verovatnoća P_0 prvog stanja S_0 pomnožena intenzitetom prelaza a_0 u drugo stanje S_1 sa verovatnoćom P_1 jednaka verovatnoći P_1 stanja S_1 pomnoženog intenzitetom b_1 prelaza u stanje S_0. Tako se stacionarne verovatnoće mogu dobiti i jednostavnije rešavanjem algebarskih linearnih jednačina za granične verovatnoće stanja podsistema:

$$a_0 * P_0 = b_1 * P_1, \; P_0 + P_1 = 1$$

Na taj način se i granične ili stacionarne verovatnoće mogu dobiti i u sledećem upotrebljivom obliku:

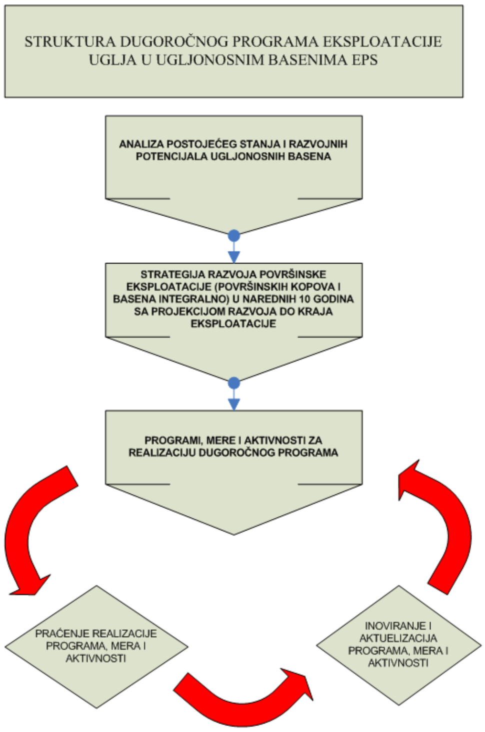
$$P_0 = 1/(1+a_0/b_1)$$

$$P_1 = 1-P_0 = 1/(1+b_1/a_0) = (a_0/b_1)/(1+a_0/b_1)$$

3. Proces realizacije Dugoročnog programa eksploatacije uglja u basenima EPS

Struktura usvojenog Dugoročnog programa eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS, odnosno Strategije razvoja rudarskih basena EPS, prikazana je na Slici 3. Realizaciju trofaznog procesa realizacije usvojenih Programa, Mera i Aktivnosti, i analize pouzdanosti ili rizika postavljenog projekta vrše verifikovani eksperti iz raznih oblasti, sa dobrim poznavanjem problematike procene promenljivih ulaznih podataka, uključujući uticaje internih i eksternih faktora u izradi projekta (Slika 3). Usklađenje parametara pouzdanosti, odnosno rizika procesa vrši Menadžer projekta sa osnovnim zadatkom da utvrdi realnu zasnovanost, stabilnost i preciznost ulaznih podataka za formiranje determinističkog modela pouzdanosti odnosno modela rizika.

Za analizu pouzdanosti, odnosno rizika realizacije Dugoročnog programa postavljen je sistem sa tri stanja (Slika 2 - *Stanja* S_0, S_1 *i* S_2 i Slika 3). U stanju S_0 ***postavljeni su programi, mere i aktivnosti za realizaciju projekta Dugoročni program***. Iz Faze S_0 se sa intenzitetom a_0 prelazi u stanje S_1, koja obuhvata ***praćenje realizacije programa mera i aktivnosti na projektu***. Iz ovog stanja se sa intenzitetom a_1 prelazi u stanje S_2, gde se vrši ***inoviranje i aktuelizacija programa, mera i aktivnosti na projektu***. Iz stanja S_2 se sa intenzitetom b_2 prelazi u stanje S_1 i po dobijanju zadovoljavajuće ocene rezultata iz ovog stanja se sa intenzitetom b_1 prelazi ponovo u stanje S_0. Pozitivni rezultat povlači inoviranu realizaciju Projekta sa predviđanjem daljih akcija, razvojem mogućih novih planova i programa i preporukom daljih aktivnosti.



Slika 3. Struktura Dugoročnog programa i proces analize pouzdanosti ili rizika realizacije programa, mera i aktivnosti sa tri stanja

Završenim Dugoročnim programom postavljeni su programi, mere i aktivnosti za njegovu realizaciju u stanju S_1. Predviđeno je da se u roku od planiranih šest meseci praćenja realizacije Programa precizno definišu uočene promene u stanju S_1 za mesec dana. Intenzitet prelaza iz stanja S_0 u stanje S_1 iznosi $a_0 = 0{,}167$, a intenzitet prelaza iz stanja S_1 u stanje S_2 je $a_1 = 1$. Promene ili korekcije u projektu bi mogle realno da se izvrše u roku od oko tri meseca, pa intenzitet prelaza iz stanja S_2 u stanje S_1 iznosi $c = 0{,}333$. Nakon provere od oko mesec dana iz stanja S_1 se prelazi u stanje S_0 sa intenzitetom $b_2 = 1$. Na ovaj način se strateški dokument aktualizuje svakih šest meseci.

Ako se analizira stanje realizacije Dugoročnog programa, uočljivo je da nije u punoj meri izvršeno *praćenje realizacije programa mera i aktivnosti na projektu (stanje S1)* u proteklih godinu dana. Ukoliko se u ovom trenutku započne sa intenzivnim praćenjem od tri meseca, onda intenzitet prelaza iz stanja S_0 u stanje S_1, uključujući propuštenu godinu, iznosi $a = 0{,}067$.

Planirana stacionarna verovatnoća inoviranja projekta, odnosno aktuelizovanja postavljenih programa, mera i aktivnosti u stanju S_0 iznosi $P_0 = 0,6$, finalna verovatnoća praćenja u stanju S_1 je $P_1 = 0,1$ i stacionarna verovatnoća neinoviranja u stanju S_2 je $P_2 = 0,3$. Prema sadašnjem stanju verovatnoća inoviranja projekta u stanju S_0 iznosi $P_0 = 0,8$, verovatnoća praćenja u stanju S_1 je $P_1 = 0,05$ i verovatnoća neinoviranja u stanju S_2 je $P_a = 0,15$. Analiza pokazuje da sa vremenom raste potreba za sve ozbiljnijim i problematičnijim inoviranjem Dugoročnog programa.

Uprošćenije, ali dovoljno indikativno, se može posmatrati i vremenski ciklična realizacija postavljenog programa projekta preko dva stanja, imajući u vidu da je praćenje kontinuirani proces i dopušteno stanje koje ne ometa tok realizacije projekta. Iz prvog stanja postavljenog programa S_0 se prelazi u drugo stanje aktuelizacije S_1 (Slika 1 - *stanja* S_0 i S_1). Intenzitet prelaza u stanje S_1, kada se vrši aktuelizacija iznosi $a_0 = 0,167$. Prelaz iz stanja *S1* u stanje S_0 je $b_1 = 0,333$. Ciklična stacionarna verovatnoća inoviranja i aktuelizacije projekta sa datim ulaznim podacima je $P_0 = 0,7$, dok stacionarna verovatnoća neinoviranja, koja predstavlja i određeni rizik promena programa projekta, iznosi $P_1 = 0,3$. Prema sadašnjem stanju verovatnoća inoviranja projekta u stanju S_0 iznosi $P_0 = 0,8$ i verovatnoća neinoviranja u stanju S_2 je $P_a = 0,2$. Svakako da veća verovatnoća promene projekta povlači uvećanje rizika, izmenu dinamike njegove realizacije i veće troškove.

Rezultati rešenja datih jednačina omogućavaju jednostavniju analizu i precizniju kontrolu stacionarnih verovatnoća, intenziteta prelaza iz stanja u stanje Projekta ili njegovih potprojekata i stalni proračun pouzdanosti i rizika njegove realizacije, sa mogućnošću pravovremenih reakcija na promene. Po pravilu se korekcije vrše u domenu resursa koji obezbeđuju ubrzavanje ili pravovremenu realizaciju projekta, što se naravno, značajno odražava na troškove.

4. Zaključak

Praćenje pouzdanosti i rizika realizacije rudarskih projekata je neophodno, pre svega u smislu upravljanja promenama. Analiza pouzdanosti stanja projekta, na osnovu dobro postavljenog informacionog sistema, u znatnoj meri može olakšati upravljanje procesom, povećati vremensku efikasnost i omogućiti ekonomičniji rad. Optimizacijom parametara pouzdanosti ili rizika može se racionalizovati struktura postojećeg projekta i ubrzati procesi i potprocesi njegove realizacije, ukoliko za to postoje jasni tehno-ekonomski uslovi. Simulacijom

pouzdanosti ili rizika projekata u realnom vremenu, mogu se dobiti podaci preko kojih se analizom objektivno predviđaju neophodni zahvati pri upravljanju promenama na rudarskim projektima.

U okviru svake analize realizacije projekta sa definisanim troškovima i dinamikom realizacije pojavljuje se veći broj nepouzdanih parametara u odnosu na pouzdane. Zbog toga je za dobijanje realnih rezultata neophodno dostići punu, tačnu i jasno merljivu procenu troškova i dinamike razvoja i, uz ozbiljno nezavisno ekspertsko odlučivanje, doći do optimalnih izlaznih vrednosti. Ciklična pojava nesigurnih podataka u analizi se ponovo negativno odražava na pouzdanost i rizike što neposredno utiče na plan izvođenja i povećanje troškova projekta. Zbog toga je najednostavnije i najrealnije rešenje vršiti analize samo nekoliko susednih faza projekata. Neophodno je da svaka rudarska organizacija pažljivo analizira stanja i rizike realizacije bilo kog projekta i što preciznije upravlja njegovim promenama, posebno kada je reč o velikim kompanijama kao što je EPS i strateškim dokumentima kao što je usvojeni Dugoročni program eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS.

Literatura

1. Alan D Orr: Advanced Project Management, Kogan Page Limited, 2007
2. Anderson R. D.: An Introduction to Management Science, (Tomson, South-West, 2003
3. Barlow R. E.: Engineering Reliability, ASA-SIAM, Statistics and Applied Probability, 1998
4. Mantel J. M.: Project Management in Practice, John Wiley&Sons, 2008
5. Pavlović V.: Continuous Mining Reliability, Ellis Horwood Limited, Chichester, 1989
6. Pavlović V.: Pouzdanost dikontinualnih sistema, RGF, 1990
7. Pavlović V.: Ignjatović D.: Selektivna eksploatacija uglja, RGF, 2010
8. Wolstenholme L. C.: Realibility Modelling, Chapman and Hall, London, 1999
9. Young L. T: The Handbook of Project Management, Kogan Page limited, 2007

UPRAVLJANJE PROMENAMA RUDARSKIH PROJEKATA

MINING PROJECTS CHANGES MANAGEMENT

Pavlović V.[1], Ignjatović D.[2] Šubaranović T.[3]

Apstrakt

Uspešna realizacija projekata u rudarstvu nije moguća bez dobro organizovanog procesnog upravljanja. Sa druge strane, imajući u vidu stalne promene internog i eksternog okruženja, gotovo da nema rudarskog projekta koji nije pretrpeo određene promene. Proces upravljanja promenama rudarskog projekta obuhvata planiranje, organizovanje i kontrolu promene u bilo kom elementu projekta, tako da se upravljanje promenom može smatrati upravljanjem posebnim projektom. Tako na primer, značajne promene u vremenu, resursima i troškovima ukazuju i na potrebu da menadžment EPS započne proces upravljanja projektom promena usvojenog Dugoročnog programa eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS.

Ključne reči: Rudarstvo, projekti, upravljanje, promene

Abstract

Successful realization of projects in mining is not possible without well-organized process management. On the other hand, given the constant

[1] Prof. Dr Pavlović Vladimir, Centar za površinsku eksploataciju, Beograd
[2] Prof. Dr Ignjatović Dragan, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[3] Doc. Dr Šubaranović Tomislav, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

changes in the internal and external environment, there is almost no mining project that hasn't undergone certain changes. The process of managing the changes in the mining project involves planning, organizing and controlling changes in any element of the project, so change management can be considered like managing a separated project. For example, significant changes in time, resources and costs indicate the need for EPS management to start the process of changing the adopted Long-Term Coal Mining Program in the coal basins of EPS.

Key words: Mining, projects, managing, change

Uvod

Projekti eksploatacije ležišta mineralnih sirovina, i to u celom životnom ciklusu, od istraživanja i projektovanja preko nabavke opreme, pokretanja eksploatacije do zatvaranja rudnika su veoma složeni i multidisciplinarni. Pri tome je neophodno sve vreme uvažavati uslove održivog razvoja i zaštite životne sredine. Ovo upućuje na veoma visok stepen rizika realizacije i promena ovakvih projekta u svim njegovim fazama. Sa obzirom na stepen investicija u rudarske objekte, svakako je sa aspekta rizika od promena projekata, najosetljivija faza izrade investicione i tehničke dokumentacije koja opredeljuje sve buduće aktivnosti na otvaranju, razvoju i zatvaranju rudnika. Generalno ova faza podrazumeva niz koordiniranih aktivnosti na izradi niza projekata počevši od Studije obima, Elaborata o geološkim rezervama, Prethodne studije izvodljivosti do Studije izvodljivosti. Glavni rudarski izvođački projekti sa svim pripadajućim tehničkim projektima, sa realizacijom investicija u prostoru i vremenu, su posebno osetljivi na promene imajući u vidu stanje na terenu i interne i eksterne faktore.

U navedenim projektima se odlučuje o tehničko-tehnološkim mogućnostima i ekonomskoj opravdanosti realizacije rudarskog projekta u celini. Stoga je veoma važan pristup organizaciji i optimizaciji svih pomenutih aktivnosti u cilju efikasne i efektivne realizacije svih faza životnog ciklusa rudnika. Danas je u svetu sve prisutniji trend da se veliki projekti, kakvi su nesumnjivo rudarski, projektno organizuju i njima projektno upravlja kako bi se optimalno izveli, uz sve moguće promene. Kao primer, usvojeni Dugoročni program eksploatacije uglja u ugljonosnim basenima EPS, već nakon godinu dana, je neophodno inovirati u kontekstu promena koje su nastale zbog značajno izmenjenih eksternih i internih uslova.

1. Upravljanje projektima

Projekat je generalno, zaključena celina međusobno povezanih aktivnosti, koji ima svoj početak i svoj kraj. Po pravilu projekat je jednokratna delatnost, jer se obično ne ponavlja u jednakom obliku ili redosledu aktivnosti. Njegova namena je da se obavi unapred definisan zadatak u određenim vremenskim i finansijskim okvirima i u okviru dogovorenog kvaliteta.

Upravljanje (menadžment) projektima može da se definiše kao planiranje, organizovanje, vođenje i kontrolisanje svih elemenata projekta kao i motivisanje svih učesnika projekta za sigurno postizanje ciljeva u unapred predviđenom vremenu i troškovima, saglasno sa predviđenim kvalitetom (kvalitet se podrazumeva u najširem smislu reči: performanse plus kvalitet). Menadžment projektima obuhvata upotrebu znanja, veština, alata i tehnika prilikom vođenja projektnih aktivnosti sa ciljem da zadovolji potrebe naručioca. Uspešan menadžer projekta mora da uspostavi ravnotežu između obima projekta, vremenskih rokova, troškova i kvaliteta. Rokovi, troškovi i kvalitet predstavljaju veličine koje čine takozvani projektni trougao. Promena jedne veličine nužno uslovljavaja i promenu bar jedne od preostale dve.

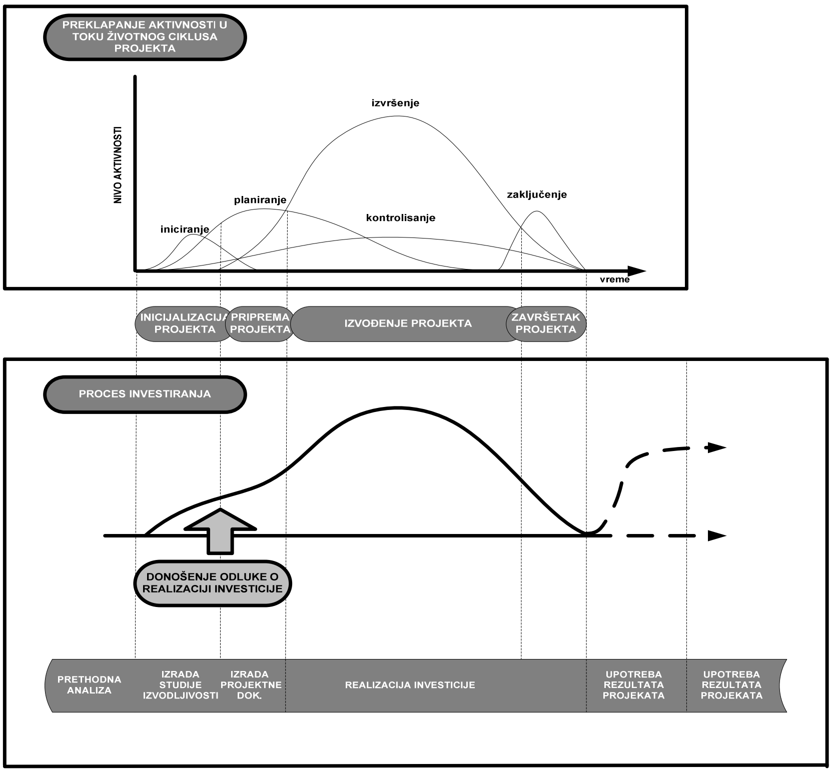
1.1. *Životni ciklus projekta*

Za donošenje odluke o pripremi projekta, veoma je bitno detaljno poznavati celi životni ciklus i projekta i potrebne investicije, uključujući i period korišćenja rezultata projekta, koji je izvan samog obima projekta. To znači da je projekat obično samo prvi deo investicije i kada se okonča, investicija još nije završena. Postoji više definicija investicija koje uvek znače neku vrstu odricanja u sadašnjosti sa ciljem da se dobiju određene koristi u budućnosti. U vezi sa investicijom može se govoriti o *uspešnosti (efektivnosti) investicije*, a u vezi sa projektom može se govoriti o *efikasnosti projekta*. Sa povećanjem efikasnosti projekta povećava se i uspešnost investicije, koja započinje projektom. Opisana veza između projekta i investicije prikazana je na Slici 1.

U životnom ciklusu projekta mogu se, uprkos razlikama između projekata, naći zajedničke faze: *inicijalizacija projekta*, *planiranje - priprema projekta*, *izvođenje projekta* i *zaključenje projekta*. Izvođenje projekta se uobičajno deli na više faza, a njihov broj i vrsta zavisi od vrste i veličine projekta.

Granice među fazama predstavljaju glavne kontrolne tačke, koje su definisane kao dokumenti i/ili rezultati. Na kontrolnim tačkama se

donose najbitnije odluke u vezi projekta. Kontrolne tačke se posebno korisne kod velikih i kompleksnih projekata, gde omogućavaju adekvatno deljenje obimnih sklopova projektnih aktivnosti. Sa takvom podelom dobijaju se savladive, obavezno usvojene celine projektnih aktivnosti, kojima je moguće upravljati, koje su jasno definisane i služe projektnoj grupi kao orijentaciona tačka. Faze kao celine u životnom ciklusu projekta mogu biti upotrebljene kao jedan od efikasnih mehanizama nadzora projekta sa uočavanjem promena.



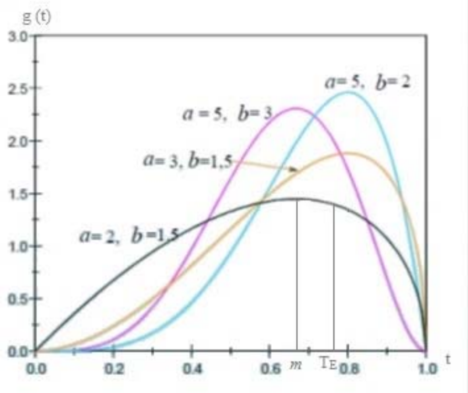
Slika 1. Veza između faza životnog ciklusa projekta i procesa investiranja

1.2. *Verovatno trajanje aktivnosti ili verovatni troškovi projekta*

Pored internih i eksternih uticaja na efektivnost i efikasnost rudarskih projekata koji su vezani za prirodne uslove ležišta, organizacione faktore, tržište investicija, institucionalni okvir i tako dalje, najčešći razlog promena u realizaciji projekata jesu dinamika realizacije i budžet (troškovi) projekta.

Predviđeni troškovi projekta ili vreme trajanja aktivnosti (projekta)

može biti *optimističko, pesimističko* i *vrlo verovatno* (ili *normalano*). Pretpostavka je da se sva moguća trajanja (ili svi mogući troškovi) za neki zadatak mogu predstaviti statističkom raspodelom kao što je prikazano na Slici 2. Od pojedinca ili grupe koja utvrđuje pretpostavke se traži da trajanje zadatka bude tačno *a* ili kraće za manje od 1% vremena ili 6 standardnih devijacija. Stoga je *a* optimistička procena. Pesimistička procena *b* je trajanje istog zadatka tako da stvarno vreme završetka bude *b* ili veće/manje od 1% vremena. Najverovatnije ili normalno trajanje je *m*, što je tip raspodele prikazan na Slici 3.



Slika 2. Statistička Beta raspodela svih mogućih vremena neke aktivnosti

Srednja vrednost ove raspodele koja se naziva i *očekivano vreme* označava se kao T_E. U softveru *Microsoft Poject* (MSP) se *normalno* ili *najverovatnije* vreme, takođe, označava sa *očekivano vreme.* Pošto se unese optimističko, pesimističko i očekivano vreme u MSP, on izračunava *trajanje* kao T_E. T_E se lako može izračunati na sledeći način: $T_E = (a+4*m+b)/6$

Statistički, ovaj izraz daje aproksimaciju očekivanog vremena beta raspodele (Slika 2). Koristi se beta raspodela zato što je mnogo fleksibilnija nego uobičajenija normalna distribucija i tačnije odslikava realne ishode vremena ili troška. Sama kalkulacija je ponderisana srednja vrednost tri procene *a*, *m* i *b*, korišćenjem pondera 1-4-1 (kao primer, procenjena stvarna srednja vrednost trougaone raspodele sa ponderom 1-1-1 je (*a*+*m*+*b*)/3, što je još jedna ponderisana srednja vrednost ali sa jednakim ponderom za sve tri procene).

Formula može biti i više pesimistička, ukoliko su posledice kašnjenja određenog zadatka ozbiljne, na primer tako što se smanjuje *m* i povećava *b*, korišćenjem pondera 1-3-2: $T_E = (a+3*m+2*b)/6$

Takođe se može aproksimirati standardna devijacija s, beta

raspodele kao: s = (*b-a*)/6

U ovom slučaju *6* nije ponderisana srednja vrednost već činjenica da opseg raspodele pokriva šest standardnih devijacija (*6*s*).

Na osnovu toga sledi da se varijacija ove raspodele procenjuje kao: Var = s^2 = ((*b-a*)/6)^2

Pretpostavka da opseg raspodele, *b-a*, pokriva šest standardnih devijacija je jako važna. Pretpostavlja se da je menadžer zaista pokušao da proceni *a* i *b* tako da je 99,7 procenata svih slučajeva veći od *a* i manji od *b*, odnosno, da je manje od 1% slučajeva je van ovih procena. Menadžerima projekta ne odgovara tako ekstreman nivo verovatnoće. Vrednost od 99,7% u stvari znači *skoro nikad van opsega* (tri standardne devijacije), što dovodi do procene *a* i *b* koje su tako male, odnosno velike, da nisu upotrebljive.

Međutim, menadžerima odgovara da daju realne procene na nivou 95 (ili 90) procenata gde se *a* procenjuje tako da je 5 (ili 10) procenata svih slučajeva manji od *a*, i 5 (ili 10) procenata svih slučajeva veći od *b*. Ove procene su u okviru opsega svakodnevnog iskustva. Ovi nivoi, međutim, ne pokrivaju *6*s*, tako da upotreba navedene formule za pronalaženje standardne devijacije dovodi do značajnijeg potcenjivanja neizvesnosti, koja je povezana sa procenom trajanja ili troška aktivnosti. Ispravljanje takvih grešaka je jednostavno.

Ukoliko se procene *a* i *b* prave na nivou 95 procenata, sledeću formulu treba koristiti za izračunavanje *s* (podizanjem na kvadrat izračunava se varijacija): s = (*b-a*)/3,3

Ukoliko se procene *a* i *b* prave na nivou 90 procenata, onda je: s = (*b-a*)/2,6

Stalno praćenje i kontrola vremena trajanja aktivnosti i troškova projekta sa utvrđivanjem dozvoljenih odstupanja omogućava pravovremenu reakciju na promene na projektu. Svakako, osim vremena i troškova realizacije projekta, potrebno je u kontinuitetu analizirati i druge interne i eksterne faktore koji mogu da utiču na njegovu efektivnost i efikasnost, i kroz proces evaluacije, na vreme implementirani odgovarajuće promene.

2. Upravljanje promenama realizacije projekta

Veoma često je neophodno promeniti ili predefinisati projekat da bi se prilagodilo okolnostima koje nisu bile poznate u trenutku definisanja projekta. Ovim promenama se mora upravljati pažljivo da bi se izbegli nesporazumi između menadžera, sponzora i klijenta.

Nepoželjne su *nekontrolisane promene* u obimu - sadržaju

projekta. One se javljaju zato što se dešavaju u toliko malim koracima da ostaju neprimećene sve dok njihov stvarni uticaj ne postane očigledan i to u fazama pred samu implementaciju. Nekontrolisane promene mogu da izazovu neažurni menadžeri ali i klijenti koji se predomišljaju ili pokušavaju da dobiju više od onoga za šta su platili kada su ugovarali projekat.

Upravljanje promenama kao i upravljanje projektima u celini, može se predstaviti određenom procedurom koja obuhvata nekoliko osnovnih faza. To su sledeće faze:

- Planiranje promena;
- Definisanje obima promena;
- Određivanje rukovodioca projekta promena i projektnog tima;
- Utvrđivanje potrebnih finansijskih i materijalnih resursa;
- Definisanje operativnog plana uvođenja promena;
- Praćenje i kontrola uvođenja promena.

Na osnovu ove procedure projektnog pristupa u uvođenju promena jasno se može sagledati povezanost ali i sličnosti i razlike između upravljanja promenama i upravljanja projektima. Da bi se definisale promene u projektu treba odgovoriti na tri pitanja i na taj način postaviti tri osnovne komponente modela promena u projektu: zašto dolazi do promena u projektu, šta se menja promenama u projektu i kako se dešavaju promene u projektu.

Odgovor na prvo pitanje ukazuje na *uzroke promena u projektu*. Odgovorom na drugo pitanje utvrđuje se *obim i sadržaj promena u projektu*. Odgovor na treće pitanje određuje *proces promena u projektu*. Ukoliko su poznati uzroci, sadržina, kao i tok procesa promena u projektu, onda se promene u projektu mogu potpuno razumeti, te se njima može uspešno upravljati.

Model upravljanja promenama u projektu

Osnovna hipoteza o uzroku promena u projektu polazi od toga da oni predstavljaju debalans ili narušavanje ravnoteže između projekta i okruženja i unutar samog projekta, odnosno, između njegovih podsistema. Na osnovu toga se može usvojiti i sledeća definicija: promene u projektu se pojavljuju kada dođe do eksternog ili internog debalansa ili poremećaja ravnoteže, tako da su svi uzroci promena u projektu *eksterni* ili *interni*.

Eksterni uzroci promena sastoje se u promenama u okruženju (opštem okruženju, operativnom okruženju i samoj organizaciji - preduzeću u kojoj se projekat odvija), koje dovode ili mogu dovesti do eksterne neravnoteže projekta, odnosno njegove neusklađenosti sa

zahtevima okruženja. Promene u okruženju postavljaju zahtev da se i projekat menja.

Interni uzroci promena u projektu su promene koje se nalaze u samom projektu i one dovode do unutrašnje neravnoteže projekta. To je situacija kada se zbog promena u jednim, a odsustva promena u drugim komponentama projekta, pojavljuje interna neusaglašenost između njih. Projekat tada doživljava brojne poremećaje i gubi efikasnost realizacije što zahteva promene u pravcu postizanja ponovne interne ravnoteže između komponenti projekta.

Pošto se u ovom slučaju debalansa na jednu promenu mora odgovoriti novom, gde svaka promena zahteva posebno upravljanje i gde se upravljanje promenom može smatrati upravljanjem posebnim projektom, to se može govoriti o nizu manjih, novih projekata promene, koji se formiraju unutar jednog globalnog projekta (na primer Dugoročni Program). Deljenjem globalnog projekta promena na veći broj potprojekata, može se širiti mreža na veći broj nivoa, što zavisi od kompleksnosti globalnog projekta, nastalih promena u preduzeću i okruženju, kao i od obima i dubine promena koje treba uvesti u ostale projekte. Na ovaj način se omogućava, uz istovremeno odvijanje većeg broja projekata, da se globalni projekat završi u planirano vreme i sa planiranim troškovima.

Svaki projekat je poseban i jedinstven, pre svega zbog toga što različiti projekti imaju različite ciljeve, obim, rokove, troškove i slično, i što se realizuju u različitom okruženju. Ipak, postoje određeni elementi koji su zajednički za sve projekte: Cilj, Rokovi, Kompleksnost, Obim i priroda zadatka, Resursi, Organizaciona struktura i Informacioni i Kontrolni sistem.

Koncept upravljanja promenama kao i upravljanja novim projektom sadrži tri osnovna i najbitnija modula koja čine osnovni sadržaj promena u projektu:

- upravljanje promenama u vremenu,
- upravljanje promenama u resursima i
- upravljanje promenama u troškovima realizacije projekta.

Naravno, promene u bilo kom od navedena tri elementa projekta, povlače promene u ostala dva elementa, jer su međusobno zavisni i uslovljeni.

- *Promene u vremenu* realizacije projekta, znače skraćenje ili produženje vremena realizacije projekta, što predstavlja izmenu vremenskih planova, pre svega globalnog mrežnog plana, a zatim detaljnih i operativnih planova.

- *Promene u resursima* znače, pre svega, promene planova materijala i planova raspoređivanja radne snage.
- *Promene u troškovima* vrše se u skladu sa promenama raspodela izvođenja radova različitih nosioca projekta, i sa promenom definisanih planova projekta i u njima definisanim aktivnostima i fazama rada na projektu.

Proces upravljanja promenama u projektu, prema predloženom modelu, ima sledeće faze i aktivnosti:

- Upoznavanje sa promenama u preduzećui/ili okruženju;
- Uočavanje potrebe za promenom u projektu;
- Istraživanje postojećih znanja i iskustava da bi se odgovorilo na promene;
- Definisanje ciljeva promena u projektu;
- Snimak i analiza postojećeg stanja projekta;
- Dijagnoza i ocena postojećeg stanja projekta;
- Predlaganje novih rešenja za projekat;
- Uvođenje promene u projekat.

3. Promene projekata eksploatacije u ugljonosnim basenima EPS

Programom ostvarivanja Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2025. sa projekcijama do 2030. godine utvrđuju se uslovi, način, dinamika i mere za njeno ostvarivanje. U okviru tog programa izvršena je analiza sigurnog i pouzdanog snabdevanja elektroenergetskih termokapaciteta EPS, preko indikatora koji predstavlja odnos ostvarenog efektivnog kapaciteta i teoretskog kapaciteta BTO sistema, kao i analiza ostvarivanja potrebnog kapaciteta na otkopavanju uglja i jalovine preko indikatora koji predstavlja odnos ostvarene i planirane proizvodnje jalovine i uglja na površinskim kopovima.

U Tabeli 1, kao primer, date su vrednosti prvog indikatora koji pokazuje iskorišćenje instalisanog kapaciteta opreme na otkrivci površinskih kopova EPS. Zaključeno je da za je planiranu proizvodnju neophodno povećati vrednost indikatora koeficijent kapacitativnog iskorišćenja na 0,5 do 2023. godine, čime će se stvoriti preduslovi za racionalizaciju vremenskog iskorišćenja.

Tabela 1. Ostvareni parametri proizvodnje otkrivke u 2015. godini

Basen uglja	Površinski kop	Kapacitativno iskorišćenje	Vremensko iskorišćenje
Kolubara	Polje B/C	0,28	0,43
	Polje D	0,36	0,34
	Veliki Crljeni	0,37	0,62
	Tamnava-Zapadno Polje	0,43	0,37
	Ukupno	**0,36**	**0,38**
Kostolac	Drmno	0,49	0,44
	Ukupno	**0,49**	**0,44**
EPS	**Ukupno**	**0,40**	**0,40**

U Tabeli 2, kao primer, date su vrednosti drugog indikatora koje pokazuju zaostatak u otkopavanju jalovine od oko 15%, što dugoročnije može dovesti do neostvarivanja potrebne proizvodnje uglja. Predviđeno je da se do 2023. godine, indikator za kapacitete na otkrivci treba da bude 1,00 uz plan koji je usaglašen sa proizvodnjom uglja i koeficijentom otkrivke za tekuću godinu.

Tabela 2. Ostvareni indikatori proizvodnje otkrivke u 2015. godini

Basen uglja	Površinski kop	Plan proizvodnje, t	Proizvodnja otkrivke, t	Indikator
Kolubara	Polje B/C	10.000.000	7.713.293	0,77
	Polje D	21.000.000	16.461.944	0,78
	Veliki Crljeni	1.550.000	1.643.653	1,06
	Tamnava-Zapadno Polje	**23.000.000**	**21.479.029**	**0,93**
	Ukupno	**55.550.000**	**47.297.919**	0,85
Kostolac	Drmno	42.000.000	36.897.434	0,87
	Ukupno	**42.000.000**	**36.897.434**	0,87
EPS	**Ukupno**	**97.550.000**	**84.195.353**	0,86

Navedeni indikatori pokazuju da postoje značajne razlike u realizaciji svih nivoa projekata eksploatacije na površinskim kopovima EPS u odnosu na planirane vrednosti strateških dokumenata i da je neophodno vršiti značajne promene.

Kao primer promena, može poslužiti i planirani tok procesa realizacije Projekta uvođenja novog BTO sistema na površinskom kopu EPS. Detaljniji projektovani podaci realizacije projekta uvođenja BTO sistema u proizvodnju po aktivnostima za BTO sistem sa rotornim bagerom klase SRs 2000, transporterima širine trake B = 2000 mm (5 km) i odlagačem klase 8800 (60 m dužina strele za odlaganje) dati su u Tabeli 3.

Tabela 3. Planirani tok procesa realizacije Projekta BTO Sistema

Aktivnost (meseci)/Procena	**Optimmistička**	**Očekivana**	**Pesimistička**
Priprema tehničkih specifikacija	6	8	10
Tenderska procedura	5	6	8
Detaljni inženjering od strane proizvođača	7	8	10
Proizvodnja, isporuka na montažni plac, montaža i puštanje u rad	22	24	26
Prevoz na mesto rada i test kapaciteta	1	2	3
Ukupno trajanje (meseci)	**41**	**48**	**57**
Cena za sve aktivnosti (€)	**75**	**80**	**85**

Na osnovu Tabele 4 urađen je primer procene vremena (meseci) i investicija (€) za realizaciju projekta uvođenja BTO sistema u proizvodnju na površinskom kopu sa varijantom očekivane vrednosti i tri varijante standardne devijacije dat je u Tabeli 5.

Tabela 4. Procene vremena i investicija za realizaciju projekta uvođenja BTO sistema

Opt.	**Oček.**	**Pes.**	**T_E (1-3-2)**	**s (99,7%)**	**s (95%)**	**s (90%)**
a	*m*	*b*	(*a*+3**m*+2**b*)/6	(*b*-*a*)/6	(*b*-*a*)/3,3	(*b*-*a*)/2,6
41	48	57	49,83 meseci	2,67	4,85	6,15
75	80	85	80,83 miliona €	1,67	3,03	3,85

Očekivano vreme realizacije projekta je 50 meseci sa standardnom devijacijom od 5 meseci za verovatnoću od 95%.

Primer razloga kašnjenja aktivnosti uvođenja u rad novog BTO sistema dat je u Tabeli 5.

Tabela 5. Kašnjenja aktivnosti uvođenja novog BTO sistema u rad

Aktivnost	**Razlog kašnjenja**
Priprema tehničkih specifikacija	Priprema tehničkih specifikacija u EPS je kasnila zbog neusaglašavanja i nejedinstvenog stava o potrebnih tehničkim specifikacijama.
Tenderska procedura	Do kašnjenja u sprovođenju tenderske procedure dolazi samo u slučaju žalbe pojedinih učesnika i to može trajati više meseci.
Detaljni inženjering od strane proizvođača	Detaljni inžinjering je gotovo uvek kasnio. Kašnjenje je bilo i do 12 meseci, ali troškovi nisu bili u skladu sa trajanjem zakašnjenja jer su proizvođači uglavnom koristili postojeću unificiranu dokumentaciju za gusenični transportni uređaj (koji se prvo montira) tako da su relna zakašnjenja uvek bila oko nekoliko meseci
Proizvodnja, isporuka na montažni plac, montaža i puštanje u rad	Proizvodnja koja se vršila u Srbiji gotovo redovno je kasnila iz brojnih razloga počev od sve slabijeg kvaliteta izrade, manjka kvalifikovane radne snage i nedostatka savremene opreme. Takođe, nekim kompanijama problem su i javne nabavke. Kašnjenja su iznosila i preko 12 meseci.
Prevoz na mesto rada i test kapacit.	I u ovoj fazi dolazilo je do zakašnjenja zbog loše trase ili nepripremljenih uslova na površinskom kopu za dokaz kapacit.

Sva navedena kašnjenja izazivaju dodatne troškove zbog povećene cene nadzora sa strane proizvođača i angažovanih radnika na montaži. Često je zbog lošeg kvaliteta izrade pojednih važnih sklopova bilo neophodno ponovo izraditi čitave podsklopove ponovo, što izaziva dodatne troškove. Iznos gubitaka se može preračunati na osnovu vrednosti jednog sata rada BTO sistema (teoretskog kapaciteta 6.600 m^3/h), koji iznosi oko 15.000 €. Pesimistički gubitak, koji je u praksi uvećan, u odnosu na proizvodnju i na očekivano vreme sa standardnom devijacijom od pet meseci verovatnoće 95%, za dati primer i rezultate iz Tabele 4, iznosi oko 20 miliona Evra.

4. Zaključak

Savremeni, naročito investicioni rudarski projekti, zbog svoje kompleksnosti, realizuju se u vremenu brzog napretka i izloženi su velikom uticaju stalnih, kako spoljnih tako i unutrašnjih, promena. Složenosti rudarskih projekta se ogleda kroz učešće velikog broja organizacija i pojedinaca, utrošak značajnih materijalnih i finansijskih sredstava i dugo vreme realizacije. Sve promene koje imaju uticaja na projekat, mogu se podeliti na sledeći način:

- *Promene iz opšteg okruženja* (tržišne, tehnološke, sociološke, političke, ekonomske, pravne, ekološke, geopolitičke i druge);
- *Promene iz operativnog okruženja* (procesni faktori, podela rada, zahtevi kupaca, kao i promene kod dobavljača ili konkurencije);
- *Promene u preduzeću* u kome se projekat realizuje (organizaciona struktura, upravljanje, kadrovi, strategije, veličina preduzeća, informatika, finansije, proizvodnja i druge);
- *Promene koje nastaju unutar samog projekta*, tokom njegove realizacije.

Ove promene primoravaju organizaciju za upravljanje projektom i projektni tim na čelu sa rukovodiocem projekta, da menjaju način i tok realizacije projekta. Upravljanje promenama u projektu, slično ostalim procesima upravljanja ima iste osnovne funkcije i to su:

- definisanje cilja
- planiranje
- organizovanje i kontrola.

Uzimajući u obzir osnovne funkcije upravljanja promenama u projektu, može se izvesti zaključak da *ovaj proces podrazumeva planiranje, organizovanje i kontrolu promene u bilo kom elementu projekta, kojom se postiže realizacija projekta na višem nivou usaglašenosti sa zahtevima okruženja i koja se ne može uspešno*

implementirati, a da ne izazove i promene u drugim delovima projekta.

Literatura

1. Alan D Orr: Advanced Project Management, Kogan Page Limited, 2007
2. Anderson R. D.: An Introduction to Management Science, Tomson, South-West, 2003
3. Barlow R. E.: Engineering Reliability, ASA-SIAM, Statistics and Applied Probability, 1998
4. Mantel J. M.: Project Management in Practice, (John Wiley&Sons, 2008)
5. Pavlović V.: Continuous Mining Reliability, Ellis Horwood Limited, Chichester, 1989
6. Pavlović V.: Pouzdanost dikontinualnih Sistema, RGF, 1990
7. Pavlović V.: Ignjatović D., Selektivna eksploatacija uglja, RGF, 2010
8. Wolstenholme L. C.: Realibility Modelling, Chapman and Hall, London, 1999
9. Young L. T: The Handbook of Project Management, Kogan Page limited, 2007

ANALIZA I POREĐENJE ZAKONA O RUDARSTVU U REPUBLICI SRBIJI I DRUGIM EVROPSKIM ZEMLJAMA

ANALYSIS AND COMPARISON OF MINING LAWS IN THE REPUBLIC OF SERBIA AND OTHER EUROPEAN COUNTRIES

Pavlović N. [1]

Apstrakt

Sadržaji Zakona o rudarstvu su različiti, sa manjim ili većim varijacijama u različitim državama Evrope, i svaki imaju svoje određene prednosti i mane. U ovom tekstu je prikazana kratka analiza i poređenje bitnih stavki srpskog zakona sa zakonima drugih značajnih država u Evropi po zastupljenosti rudarstva, koje ukazuju na mogućnosti poboljšanja domaće zakonske regulative u rudarskom sektoru.

Ključne reči: Zakon o rudarstvu, mineralni resursi, koncesija

Abstract

The contents of Laws on Mining are different; with smaller or bigger variations in different European countries, and each have their own advantages and disadvantages. This paper presents a brief analysis and comparison of certain important law provisions of the Serbian law with their equivalents in other important mining countries in Europe and points out possible areas of improvement in the Serbian law.

Key words: Law on mining, mineral resources, concession

[1] Pavlović Natalija, Centar za površinsku eksploataciju, Beograd

Uvod

Rudarski zakoni su izuzetno značajni zbog upravljanja i kontrole mineralnih resursa svake države, kao i zbog bližeg određivanja uslova i načina istraživanja i eksploatacije istih. Neobnovljivi resursi kojima država raspolaže je okosnica njenog industrijskog i ekonomskog razvoja. Zbog toga je neophodno da zakon što jasnije precizira sve elemente u rudarstvu, istovremeno štiteći ljudska prava, životnu sredinu i prava države. Izuzetno je važno da država vodi računa o savremenosti zakona, i da ga redovno inovira ili izmeni u slučaju potrebe. Takođe je potrebno optimizovati obim zakona na mestima gde je to moguće, jer previše nepotrebnog teksta može biti zbunjujuće i suvišno.

U Republici Srbiji važi *Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima* (Službeni glasnik RS, br. 101/2015), koji pokriva rudarstvo i geološka istraživanja kao dve posebne celine. U sledećim poglavljima je data analiza i poređenje evropskih zakona o rudarstvu. Za poređenje su uzeti, pored srpskog, još i nemački, poljski, češki, mađarski, bugarski i engleski zakoni, u cilju pronalaženja prostora i mogućnosti za poboljšanje srpskog zakona. Kontinualno poboljšavanje zakona donosi mnogo koristi svim zainteresovanim stranama, jer postaje precizniji i jednostavniji, a istovremeno olakšava nadležnim organima praćenje pridržavanja zakonskim obavezama. Da bi se to postiglo, treba posmatrati zakone država sa naprednijom zakonskom regulativom u oblasti rudarstva.

1. Predmet zakona

Svaki zakon o rudarstvu reguliše istraživanja, eksploataciju i obradu mineralnih resursa, u skladu sa zaštitom života, zdravlja, sigurnosti, životne sredine i imovine. Zahteva se i zaštita ležišta mineralnih sirovina, podzemnih i površinskih voda, kao i rekultivacija.

Uočljivo je da srpski *Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima* ima dve celine, bliže određivanje rudarstva, i posebno određivanje geoloških istraživanja. U ostatku Evrope to uglavnom nije slučaj, posebno u zemljama Evropske Unije. Poljski *Akt o geologiji i rudarstvu* (ACT of 9 June 2011, Geological and Mining Law) je takoreći jedini zakon koji ima tu zajedničku osobinu sa srpskim. To dodatno komplikuje stvari, kad je reč o tumačenju zakona i nadležnosti, ali i bespotrebnom obimu sadržaja. Primetno je da su srpski i poljski zakoni znatno opširniji od svih drugih rudarskih zakona, iako za to nema osnove. Republika Poljska se već trudi da izađe tom problemu u susret, njihov

dopunjen zakon je stupio na snagu ove godine, što je urađeno radi smanjenja papirologije i mnogobrojnih izveštaja koje je zakon ranije zahtevao. Ostale države, kao što su Savezna Republika Nemačka, Republika Češka i Mađarska, koje se u velikoj meri bave rudarstvom, imaju takozvani rudarski akt. Rudarski akt obuhvata sve što je neophodno za pravilno funkcionisanje sektora rudarstva, bez nekog posebnog izdvajanja geologije, koja se smatra podlogom za aktivnosti rudarskog sektora. Probleme geoloških istraživanja reguliše posebno regulaciono nadležno telo.

U zakonu Republike Srbije postoje dozvoljene količine mineralne sirovine koje se mogu eksploatisati za tehnološka ispitivanja u toku izvođenja geoloških istraživanja, što je različito u odnosu na druge evropske zakone gde ovo pravilo nije prisutno. U nemačkom aktu o rudarstvu postoji dozvola za komercijalna eksploataciona istraživanja i dozvola za eksploataciona istraživanja velikih razmera, ali se dozvoljene količine mineralne sirovine uzete pri ispitivanju ne pominju. Dozvola za eksploataciona istraživanja velikih razmera podrazumeva sprovođenje provera uz pomoć geofizičkih ili geohemijskih istraživanja.

Interesantno je da se jedino poljski zakon ne odnosi na korišćenje geotermalne energije iz bušotina do 30 m dubine, i da domaćinstva imaju pravo da se greju na taj način, bez traženja dozvole za eksploataciju. To je pametan pristup podsticanju stanovništva da koriste geotermalnu energiju koja je Republici Poljskoj na raspolaganju, bez pretnje da bušotine tako malih dubina utiču na regulaciju eksploatacije geotermalne energije na državnom nivou. Bilo bi dobro to razmotriti i za budući razvoj korišćenja obnovljivih izvora energije Republike Srbije u tom smeru.

Mađarski *Akt XLVIII o rudarstvu iz 1993. godine* (Act XLVIII of 1993 on Mining) je specifičan po tome što daje cevovodima za ugljovodonike puno na značaju. Jedna od glavnih stavki mađarskog rudarskog akta je regulisanje postavljanja i rukovanja cevovoda za ugljovodonike, i ujedno svih aktivnosti koje su vezane za to. U nemačkom zakonu se takođe pominju cevovodi, ali uglavnom u smislu kontrole tranzitnih cevovoda koji izlaze ili ulaze u Saveznu Republiku Nemačku iz drugih država.

Ujedinjeno Kraljevstvo je jedinstveno po tome što nema integrisani zakon za rudarstvo. Regulisanje eksploatacije proizilazi iz više različitih izvora i zavisi od rudarske aktivnosti koja je potrebna. Dakle, zakon se primenjuje u odnosu na preciziranu mineralnu sirovinu i u odnosu na način eksploatacije. Nemati jedinstven zakonodavni režim ili okvir se možda može pokazati problematičnim, ali može i biti pozitivan u smislu da je zakon prilagođen mineralnoj sirovini koja se eksploatiše, umesto da

jedan zakon važi za sve mineralne sirovine.

2. Odobrenja za istraživanje i eksploataciju i koncesije

Koncesija je pravo na korišćenje određenog javnog ili nacionalnog dobra sa ciljem vršenja privredne delatnosti. Dobijanje koncesije je u rudarstvu najznačajniji korak pred eksploataciju. Najčešće se raspisuje javni koncesioni tender za eksploataciju određene mineralne sirovine, na osnovu analize ekonomskih, ekoloških, prirodnih i socijalnih efekata, pa se koncesija dodeljuje odgovarajućem kandidatu.

U Republici Srbiji je potrebno odobrenje za sve geološke i rudarske radove. Postoje odobrenja za primenjeno geološko istraživanje, za eksploataciono polje ili eksploataciju, za izgradnju rudarskih objekata i/ili za izvođenje rudarskih radova i za upotrebu rudarskih objekata. Uz zahtev za bilo koje od ovih odobrenja mora da se priloži neophodna dokumentacija.

U nemačkom *Federalnom aktu o rudarstvu* (Federal Mining Act of 13 August 1980 (Federal Law Gazette I p. 1310)), za razliku od srpskog zakona, postoje samo dve dozvole. To su dozvola za istraživanje i eksploataciona dozvola. Sa dozvolom za istraživanje se dobijaju prava na:

- Istraživanja resursa koji su specificirani u dozvoli;
- Eksploataciju i vlasništvo nad resursima koji moraju da se otkopaju radi istraživanja;
- Podizanje i upravljanje objektima koji su neophodni za istraživanje resursa.

Eksploataciona dozvola u nemačkom aktu o rudarstvu daje ekskluzivna prava na:

- Eksploataciona istraživanja resursa koji su specificirani u dozvoli na određenoj oblasti, eksploataciju i vlasništvo istih;
- Podizanje i upravljanje objektima koji su neophodni;
- Zahtev za vlasništvo zemljišta.

Slično nemačkom zakonu, u Ujedinjenom Kraljevstvu je, takođe, potrebna dozvola za istraživanja. Zatim se ta dozvola može pretvoriti u takozvani rudarski zakup, u zavisnosti od radnog napretka podnosioca zahteva. Međutim, dozvola za istraživanja ne podrazumeva slobodan pristup tom zemljištu, već se mora tražiti saglasnost vlasnika i lokalne uprave. Svaki rudnik u Ujedinjenom Kraljevsku mora da poseduje dozvolu za plansku dokumentaciju, preko koje su nametnuti i uslovi operativne kontrole životne sredine. Kad je u pitanju ugalj, postoje dodati uslovi. Prema *Aktu industrije uglja iz 1994. godine* (Coal Industry Act

1994), svim rudarskim radovima vezanim za ugalj je potrebna i zakonska dozvola od Uprave za ugalj. Pored toga, izvođač takođe mora da ima odobren interes za vlasništvo uglja i pravo pristupa zemljištu ili posed zemljišta.

I mađarski *Akt XLVIII o rudarstvu iz 1993. godine* ima neznatno drugačiji pristup koncesiji. Kad se sve ponude za tender razmotre, i izabere adekvatan kandidat koji ispunjava sve uslove, potpisuje se koncesioni ugovor. Koncesioni ugovor može da važi najduže 35 godina, i može se samo jednom produžiti za polovinu perioda trajanja prvobitnog ugovora. Planirani period za istraživanje u okviru koncesionog perioda je maksimum 4 godine, koji takođe može biti produžen za polovinu prvobitnog trajanja. Nakon godinu dana istraživanja, rudarska kompanija ima pravo da aplicira za promenu klasifikacije te oblasti u rudarsku. Sve isto važi i za ugljovodonike, s tim što je posebno napomenuto da nakon što je oblast sa rezervoarom ugljovodonika proglašena kao rudarska oblast, izvođač stiče pravo za skladištenje ugljovodonika u podzemnim i nadzemnim objektima na toj lokaciji, i da upravlja rezervoarom. Koncesije mogu biti dodeljene sa pravom na konstrukciju i upravljanje cevovodima, što se recimo ni ne pominje u srpskom *Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima.*

Što se tiče bugarskog *Akta o podzemnim resursima iz 1999. godine* (Law on Underground Resources (LUR)), takođe postoji dozvola za istraživanja. Uslovi dozvole se menjaju od slučaja do slučaja. Postoje dve vrste specijalnih dozvola za istraživanja: dozvola za istraživanje nafte i gasa i dozvola za kontinentalni greben i bugarske ekskluzivne ekonomske zone na Crnom moru. Te i sve druge dozvole izdaje ministar za energetiku. Sve dozvole imaju vremensko ograničenje, u zavisnosti od vrste mineralne sirovine, npr. za naftu i gas do 5 godina, a za metale do 3 godine. Zatim se za dokazane rezerve dodeljuje koncesija, koja ne može trajati duže od 35 godina, slično mađarskoj koncesiji. Jedna koncesija može dodeliti prava za više od jednog mineralnog resursa.

U poljskom *Aktu o geologiji i rudarstvu* je naznačeno da preduzetnik kome je dodeljena koncesija, a treba da vrši eksploataciju uglja, lignita, ugljovodonika ili da podzemno uskladišti ugljovodonike, ima pravo da zahteva otkup nekretnina u toj oblasti radi izvođenja rudarskih aktivnosti. Koncesija se ne dodeljuje za manje od 3 godine, ni za više od 50 godina. Koncesija po poljskom zakonu daje prava na:

- Istraživanja mineralnih ležišta;
- Proučavanja svih prisutnih minerala;
- Podzemno skladištenje supstanci;
- Podzemno odlaganje otpada.

Interesantno je primetiti da se samo kod poljskog i mađarskog zakona posebno pominju ugljovodonici, tj. nafta i gas, pravo na njihov transport i skladištenje, za razliku od svih drugih prethodno pomenutih koncesija.

Pošto je očigledno da je za svako geološko istraživanje i eksploataciju mineralnih resursa neophodno vršenje rudarskih radova, izgradnja i upotreba objekata, nelogično je da za svaki postoje posebna odobrenja kao u srpskom *Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima*. Da bi zakon bio pojednostavljen i da bi se smanjila suvišna administracija, to se može svesti na dva odobrenja, za istraživanje i za eksploataciju, kao na nemačkom primeru.

3. Naknade korišćenja mineralnih sirovina

Nosilac eksploatacije kojem je odobreno izvođenje rudarskih radova mora da plaća naknadu za korišćenje mineralnih sirovina i geotermalnih resursa u skladu sa zakonom. Visina naknade varira u zavisnosti od države i cene sirovine ili resursa na tržištu.

Po *Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima*, u Republici Srbiji visine naknada se utvrđuju po sledećim osnovama:

- Za sve vrste uglja i uljnih škriljaca: 3% od prihoda;
- Za ugljovodonike u tečnom i gasovitom stanju (nafta i gas) i ostale prirodne gasove: 7% od prihoda;
- Za radioaktivne sirovine: 2% od prihoda;
- Za sve metalične sirovine: 5% od neto prihoda od topionice;
- Tehnogene sirovine koje su rezultat eksploatacije i prerade mineralnih sirovina: 1% od prihoda;
- Za nemetalične sirovine: 5% od prihoda;
- Za sve vrste soli i sonih voda: 1% od prihoda;
- Za podzemne vode iz kojih se dobijaju korisne mineralne sirovine, kao i podzemne vode vezane za rudarsku tehnologiju i gasove koji se sa njima javljaju: 3% od prihoda.

Sredstva ostvarena od naknade za korišćenje mineralnih sirovina i geotermalnih resursa, u visini od 60% prihod su budžeta Republike Srbije, a u visini od 40% prihod su budžeta jedinice lokalne samouprave na čijoj teritoriji se vrši eksploatacija.

Od sredstava koja pripadaju budžetu Republike, 35% se koristi u skladu sa godišnjim programom radi podsticanja razvoja rudarstva i sprečavanja i otklanjanja štetnih posledica nastalih eksploatacijom mineralnih sirovina. To znači da 14% ili manje od sredstava ostvarenih naknadom ide na otklanjanje štetnih posledica nastalih eksploatacijom

mineralnih sirovina.

Slična je situacija u mađarskom zakonu, sa malim razlikama u ceni:

- Za ugljovodonike u tečnom i gasovitom stanju (nafta i gas) i ostale prirodne gasove: 12% od prihoda;
- Za nemetalične mineralne sirovine eksploatisane površinskom eksploatacijom (isključujući energente): 5% prihoda;
- U slučaju drugih čvrstih mineralnih sirovina i geotermalne energije: 2%.

Predviđeno je da se iz mađarske naknade svake godine formira izdvojeni fond iz 10% samo za obavljanje sanacije zemljišta zahvaćenog rudarskim radovima.

Kod nemačkog zakona je zanimljivo to što se naknada za iskorišćenje zemljišta tokom istraživačkog perioda plaća godišnje simboličnih 5 EUR po kvadratnom kilometru, i da se povećava svake godine rada za 5 EUR.

Godišnja naknada za korišćenje mineralnih sirovina je u Saveznoj Republici Nemačkoj i Republici Češkoj 10% od cene tog resursa na tržištu, što je verovatno i najbolje rešenje. U češkom aktu o rudarstvu je zacrtano da 25% sredstava ostvarenih od naknada ide u državni budžet, a čak 75% u opštinu unutar koje se vrše rudarski radovi, što je skoro pa obrnuto u odnosu na srpski zakon.

Dva zakona koja znatno odskaču kad je reč o naknadama su poljski zakon i zakoni Ujedinjenog Kraljevstva. Ujedinjeno Kraljevstvo naime ni nema naknade za korišćenje mineralnih sirovina, a Republika Poljska ima određenu detaljnu naknadnu stopu po toni resursa, u zavisnosti o kojoj sirovini je reč. Na primer, stopa za ugalj je 2,13 PLN/IU po toni, a za naftu 34,89 PLN/IU (poljskih zlota po jedinici mere) po toni.

U poređenju sa naknadama drugih evropskih država, Republika Srbija zahteva dosta niske naknade za korišćenje mineralnih sirovina. Najbolje bi bilo slediti primer Savezne Republike Nemačke i Republike Češke, i promeniti određivanje naknade tako da se računa isti određeni procenat u odnosu na tržišnu cenu resursa za sve sirovine. Na taj način bi zarada države, a i troškovi investitora uvek bili ravnopravni prema trenutnoj ceni resursa, bilo da vrednost pada ili raste.

4. Licence

Srpski *Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima* tačno određuje potrebne licence za lica radi obavljanja određenih poslova pri geološkim istraživanjima i eksploataciji. U drugim državama EU to nije rešeno na

isti način.

Na primer, u nemačkom *Federalnom aktu o rudarstvu* licence za obavljanje određenih poslova ne postoje, ni za inženjere, ni za druga fizička, kompetentna ili pravna lica. Izričito je napomenuto da samo odgovornim individuama koje imaju određeno tehničko znanje i fizičke sposobnosti za izvršavanje svoje dužnosti i punomoćja, može biti dodeljena ta odgovornost.

Za razliku od drugih zakona, poljski *Akt o geologiji i rudarstvu* ima specifičan pristup prema licima koja treba da zauzmu pozicije pri geološkim istraživanjima i eksploataciji mineralnih sirovina. Procenjuju se generalne i profesionalne kvalifikacije svakog kandidata. U generalne kvalifikacije spadaju sposobnosti i znanja obavljanja tog konkretnog posla, a u profesionalne kvalifikacije stručna sprema i prethodna iskustva. Ako kandidat odgovara po tim kriterijuma, mora da polaže ispit koji se sastoji iz pismenog i usmenog dela. Nadležno telo za pregled kvalifikacija ima pravo da odbije kandidatu prijem na ispit, ako se smatra da kandidat nije dovoljno kvalifikovan. Ako kandidat uspešno položi ispit, dobija sertifikat koji pokazuje da je sposoban za obavljanje tog posla. Ovo približno odgovara statusu Stručnog ispita datog u srpskom zakonu.

Sem rudničkog nadzora i zadataka tog nadzora, u mađarskom *Aktu XLVIII o rudarstvu iz 1993. godine* nije prisutno nikakvo bliže određivanje kompetentnih lica. U češkom *Aktu No. 44/1988 Coll. (Akt o rudarstvu)* nema pomena ni o kompetentnim licima, ni o licencama.

5. Zaključak

Pošto je rudarska industrija jedna od najbitnijih egzistencijalnih aktivnosti kako na planeti, tako i u svakoj državi, podrazumeva se i da su zakoni o rudarstvu izuzetno važni. Rudarski sektor bolje funkcioniše ako zakon jasno i precizno, ali ne preopširno definiše sve neophodne elemente.

Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima Republike Srbije, u poređenju sa drugim evropskim državama, koje imaju veliku zastupljenost rudarstva, se u mnogim stvarima razlikuje. Pri donošenju novog Zakona o rudarstvu, mnoge stvari bi morale biti izbačene i promenjene. Pomenute celine o geološkim istraživanjima su nepotrebno preopširne. Geološka istraživanja treba da budu prisutna u zakonu samo onoliko koliko je neophodno da bi se utvrdilo i verifikovalo mineralno ležište sa aspekta eksploatacije u skladu sa zakonskim obavezama. Istraživanja bi imala sopstveno geološko nadležno telo, koje bi imalo

odgovarajuće protokole za to. Onda bi to po uzoru na mnoge zemlje bio pravi *Zakon o rudarstvu*. Pored toga, bilo bi korisno prepraviti vrednosti ali i pristup naknadama vodeći računa o tržišnim vrednostima mineralnih sirovina i ponovo razmotriti licence radi obavljanja određenih poslova pri geološkim istraživanjima i eksploataciji. Od prepravljenih vrednosti naknada, država, koncesionari i lokalna samouprava bi malo više profitirali. Takođe, trebalo bi da postoji veći fond za sanaciju i rekultivaciju rudnika, što je izuzetno važno za život i zdravlje ljudi, životinja i biljaka. Osim toga što je srpski zakon preopširan, zahteva mnogo više administracije nego što je zaista potrebno.

Iz svega ovoga se vidi da u srpskom *Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima* ima dosta prostora za poboljšanje, po uzoru na članice Evropske Unije sa ozbiljnijim rudarskim industrijama.

Literatura

1. Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima (Službeni glasnik RS, br. 101/2015), Republika Srbija
2. Federalni akt o rudarstvu (Federal Mining Act of 13 August 1980 (Federal Law Gazette I p. 1310)), Savezna Republika Nemačka
3. Akt o geologiji i rudarstvu (ACT of 9 June 2011, Geological and Mining Law), Republika Poljska
4. Akt XLVIII iz 1993 o rudarstvu (Act XLVIII of 1993 on Mining), Mađarska
5. Akt No. 44/1988 Coll. o rudarstvu (Act No. 44/1988 Coll., on the protection and utilization of mineral resources (The Mining Act)), Češka Republika
6. Mayer Brown, UK Mining Law, 2016
7. Global Legal Group, The International Comparative Legal Guide to: Mining Law 2016, https://iclg.com/practice-areas/mining-law/mining-law-2017

JEDAN OD NAČINA SANACIJE KOSINA U SEVERO-ZAPADNOM DELU POVRŠINSKOG KOPA POLJE D

ONE OF THE POSSIBILITIES FOR OPENCAST MINE FIELD D NORTH-WEST AREA SLOPES REHABILITATION

Petrović B.[1], Šubaranović T.[2], Milošević D.[3]

Apstrakt

Površinski kop Polje D nalazi se u istočnom delu RB Kolubara na kome se eksploatacija uglja obavlja od 1966.godine. Do danas je sa ovog kopa otkopano preko 520 miliona tona uglja i preko 1.4 milijarde m^3 otkrivke, a preostale količine uglja iznose oko 20 miliona tona.

Početkom ove godine u severo-zapadnom delu površinskog kopa (PK) Polje D primećeno je znatno pomeranje zemljanih masa tako da je normalan proces eksploatacije bio onemogućen. Iz tog razloga, neophodno je bilo tehnologiju otkopavanja prilagoditi novonastaloj situaciji.

U ovom radu je prikazan jedan od načina sanacije kosina te zone kopa koji bi garantovao siguran i bezbedan rad, uz maksimalno iskorišćenje otkopne mehanizacije.

Ključne reči: etaža, visina etaže, nagib etaže, faktor sigurnosti

[1] Dr Branko Petrović, EPS Beograd,Ogranak Kolubara, Lazarevac,
[2] Doc. dr Tomislav Šubaranović, Rudarsko-geološki fakultet u Belgradu,
[3] Dragan Milošević, TERRAGOLD&CO d.o.o. Beograd,

Abstract

Opencast mine Field D is located in the eastern part of RB Kolubara, where the exploitation of coal is carried out since 1966. To date, more than 520 million tons of coal have been dug out of this mine and more than 1.4 billion m^3 have been discovered, while the remaining amounts of coal amount to about 20 million tons.

At the beginning of this year, in the northwestern part of opencast mine Field D, considerable movement of soil masses was observed, so that the normal mining process was disabled. For this reason, it is necessary to adapt the mining technology to the newly created situation.

In this paper, one of the ways of removing the slopes of this excavation zone is shown, which would guarantee safe and safe operation, with the maximum utilization of the excavation machinery.

Keywords: Bench, bench height, slope inclination, the safety factor

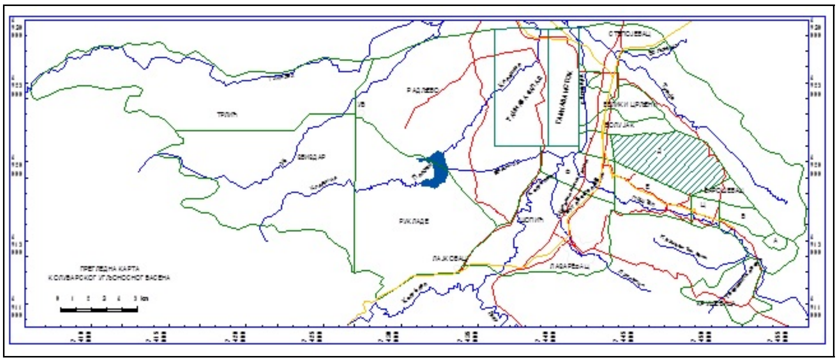
1.Uvod

Kolubarski ugljonosni basen prostire se na oko 600 km^2, pri čemu, prema teritorijalno-administrativnoj podeli zahvata prostor tri opštine: Lazarevac, Lajkovac i Ub (Slika 1).



Slika 1. Geografski položaj Kolubarskog basena

Istočni deo basena smešten je između reka Turije, Peštana i Kolubare. POLJE D zauzima njegov centralni deo i prostire se na površini od oko 20 km^2 (Slika 2).



Slika 2. Karta Kolubarskog ugljonosnog basena

Prema važećoj projektnoj dokumentaciji iz 2009. godine, na Polju D je predviđeno otkopavanje 14 miliona tona uglja i 28 miliona m^3 otkrivke. Iz razloga, koji nisu tema ovog rada, razvoj kopa se odvijao suprotno projektnoj dokumentaciji, uz veliku improvizaciju, tako da je to svakako jedan od odlučujućih uzroka dešavanja koja su nastala početkom ove godine u severo-zapadnom delu površinskog kopa. Velike količine otkrivke su se pokrenule tako da je to prouzrokovalo pucanje i pomeranje etaža na uglju (na pojedinim mestima registrovano je pomeranje od preko 80 cm) (Slika 3).



Slika 3. Deformacije u ugljenom bloku (zona rada bagera G-7)



Slika 4. Deformacije u ugljenom bloku (zona rada bagera G-8)

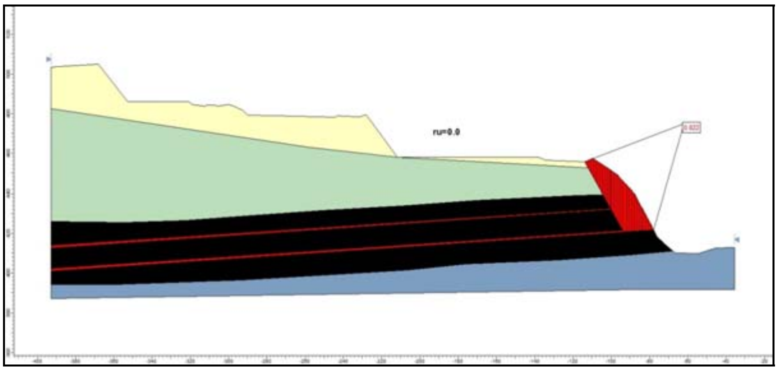
2. Proračun faktora sigurnosti kosina etaža

Proračun faktora sigurnosti (Fs) etaža koje se nalaze u ovoj zoni kopa rađen je za osam profila. Rezultati proračuna prikazani su tabelarno i grafički. Proračun je urađen primenom softverskog programa *SLIDE 6.0, Rocscience Inc*, uz Mohr-Coulombov kriterijum loma. U Tabeli 1 su prikazane usvojene vrednosti fizičko-mehaničkih svojstava geoloških slojeva koji čine analiziranu radnu sredinu.

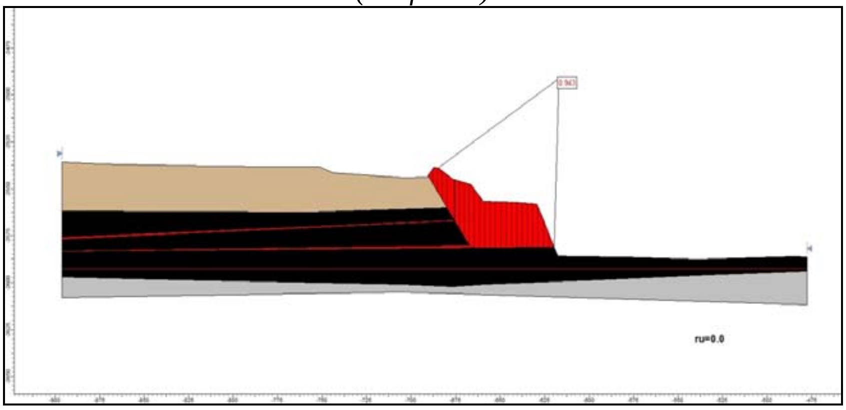
Tabela 1. Vrednosti fizčko-mehaničkih svojstava slojeva koje su koriščćene u proračunu

Geološki sloj	**γ (kN/m^3)**	**C (kN/m^2)**	**φ (o)**
1-kvartarna glina	19.8	10	14
2c-pretaložene kvart. gline	20	0	14
10a-alevrit	19	30	18
12-ugalj	11.5	55	38
12a-ugljevita glina	15.3	0	9
13a-podinski pesak	18	5	28

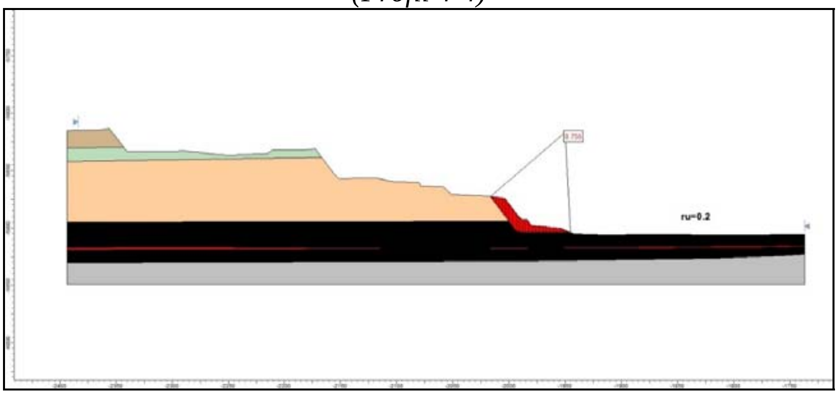
Rezultati analize stabilnosti kosina etaža za neke od analiziranih profila prikazani su na donjim Slikama 6, 7, 8 i 9).



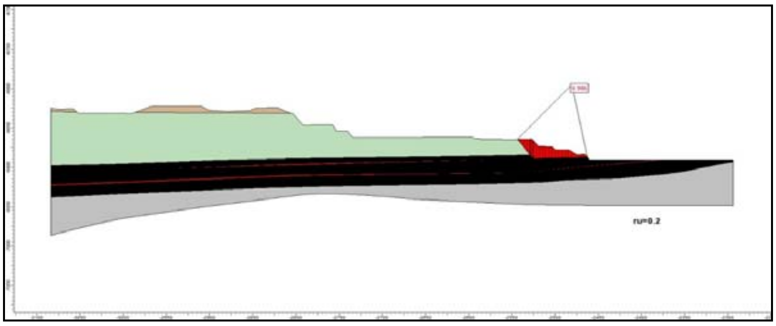
Slika 6. Vrednost faktora sigurnosti (Fs = 0.82) za generalnu kosinu (Profil 1-1)



Slika 7. Vrednost faktora sigurnosti (Fs = 0.94) za generalnu kosinu (Profil 4-4)



Slika 8. Vrednost faktora sigurnosti (Fs = 0.76) za generalnu kosinu (Profil 7-7)



Slika 9. Vrednost faktora sigurnosti (Fs = 0.98) za generalnu kosinu (Profil 8-8)

Dobijeni rezultati analize, uglavnom za sve analizirane profile, potvrđuju nestabilnost terena i jasno izraženu ispucalost i smaknuće blokova uglja. To istovremeno ukazuje i na dobar pristup razmatranju celokupne problematike kao i na validnost modela koji je za tu potrebu napravljen.

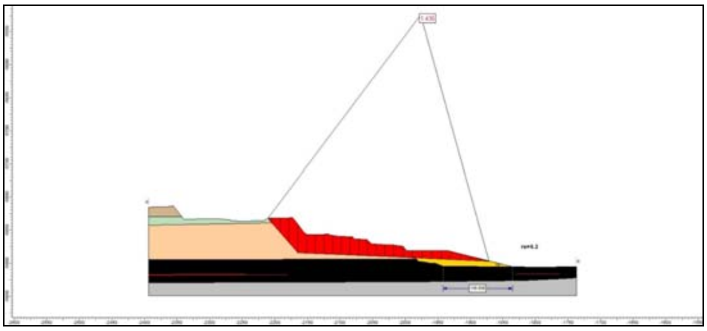
Da bi se pratilo pomeranje masa na etažama postavljena je mreža repera koji su raspoređeni tako da se celokupni prostor koji je pretrpeo oštećenje može kontrolisati. Na pojedinim mestima, gde su pomeranja bila intenzivnija, pojedini reperi su se pomerili preko 80 cm. Trenutno je intenzitet pomeranja splasnuo ali ne trajno zaustavio tako da i dalje postoji veoma veliki rizik od zarušavanja celog prostora. Iz tog razloga, za nastavak otkopavanja, treba povećati obazrivost i ozbiljnost do maksimuma, čime bi se sačuvali kako ljudstvo tako i mehanizacija.

Ovaj predloženi način nastavka eksploatacije otkrivke i uglja u ovoj zoni kopa upravo sigurnost postavlja kao primarni uslov. Ne može se nastaviti sa radovima, a da je i dalje prisutna permanentna opasanost od rušenja etaža i ugroženost opreme, bez obzira kolika je trenutna potreba za ugljem. Primeri iz ne tako daleke prošlosti to i potvrđuju, mada će se pojedinci i dalje čvrsto *držati* faktora sreće kombinovanim sa neopravdanom improvizacijom.

Da bi se trajno sprečilo kretanje pokrenutih masa, a tek onda pristupilo nastavku eksploatacije, ovaj prikazani način sanacije je razradio mogućnost podupiranja etaža uglja otkopanim masama otkrivke, pri čemu bi se istovremeno promenio i smer napredovanja otkopnog fronta (otkopavanje od severa ka jugu). Time bi se sprečila opasnost da mehanizacija zajedno sa materijalom viših etaža sklizne na najnižu etažu i onemogući dalji rad.

U prethodnom tekstu prikazan je rezultat analize stabilnosti kosina na Profilu 7-7, u zoni rada bagera G-7 (Slika 8). Rezultati analize su

potvrdili nestabilnost etaža (Fs = 0.76), što je i na terenu veoma uočljivo. Podupiranjem tih etaža otkopanim materijalom (visina bloka 25 m, širina gornje površine 30 m), značajno bi se povećala njihova stabilnost, što i rezultati proračuna to potvrđuju (Slika 10).



Slika 10. Vrednost faktora sigurnosti (Fs = 1.44) za generalnu kosinu koja je poduprta otkopanom otkrivkom (Profil 7-7)

3.Zaključak

Pokretanje velikih količina masa u severo-zapadnom delu površinskog kopa Polje D znatno je usporilo i poremetilo uobičajeni način eksploatacije otkrivke i uglja u toj zoni kopa. Imajući u vidu značaj preostalih količina uglja, za njegovu dalju eksploataciju neophodno je isplanirati, a kasnije i primeniti takvu tehnologiju koja će prvenstveno garantovati sigurnost ljudstva i opreme. Na osnovu višestrukih analiza stabilnosti kosina kao i razrađene tehnologije eksploatacije, uz maksimalno iskorišćenje primenjene mehanizacije, predložen je način sanacije čija je glavna karakteristika podupiranje ugljenih etaža otkopanom otkrivkom iz razloga zaustavljanja daljeg kretanja tih pokrenutih masa i kasnijeg njihovog otkopavanja pri znatno većem stepenu sigurnosti. Uz promenu smera napredovanja otkopnog fronta postigla bi se još veća sigurnost, a samim tim i produktivnost.

Ono što posebno treba istaći je da vrlo čestu i rado primenjivanu improvizaciju teba maksimalno izbeći jer za nju u ovakvim uslovima nema opravdanja, posebno kada se prividno stekne utisak da je sve sigurno i stabilno.

Literatura

1. Stručna i fondovska dokumentacija RB Kolubara

HIDRODINAMIČKI MODEL POVRŠINSKOG KOPA TAMNAVA - ZAPADNO POLJE

HYDRODYNAMIC MODEL OF THE OPEN-CAST MINE TAMNAVA - WEST FIELD

Polomčić D.[1], Bajić D.[2], Ratković J.[3], Šubaranović T.[4], Ristić Vakanjac V.[5]

Apstrakt

Površinski kop Tamnava-Zapadno Polje, kao deo kolubarskog ugljonosnog basena, je najveći i najmoderniji površinski kop na kome se vrši eksploatacija lignita u Srbiji. Na osnovu hidrogeološkog modela, kreiran je hidrodinamički model režima podzemnih voda površinskog kopa Tamnava-Zapadno Polje. Kalibracija modela je izvedena u stacionarnim uslovima, a jedan od rezultata predstavljaju definisane i kvantifikovane zone prirodnog prihranjivanja i dreniranja zastupljenih izdani, zatim elementi bilansa podzemnih voda i prostorni raspored koeficijenata filtracije na istražnom području. Od softverskih kodova, korišćeni su MODFLOW i PEST. Model, dalje, u sledećoj fazi, predstavlja podlogu za prognozne hidrodinamičke proračune.

Ključne reči: Upravljanje podzemnim vodama, hodrodinamička analiza,

[1] Polomčić Dušan, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[2] Bajić Dragoljub, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[3] Ratković Jelena, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[4] Šubaranović Tomislav, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[5] Ristić Vakanjac Vesna, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

MODFLOW, PEST, površinski kop

Abstract

Opencast mine Tamnava-West Field, as part of the Kolubara coal basin, is the largest and most modern opencast mine in Serbia on which lignite is being mined. Based on the hydrogeological model, a hydrodynamic model of the groundwater regime of the opencast mine Tamnava-West Field was created. The calibration of the model is carried out in stationary conditions, and one of the results is the defined and quantified zones of natural accumulation and drainage of the present groundwater, as well as elements of the groundwater balance and spatial distribution of the coefficient of filtration in the investigated area. Software codes MODFLOW and PEST were used. This model represents the basis for the forecast hydrodynamic calculations in the next phase.

Key words: Groundwater management, hydrodynamic analysis, MODFLOW, PEST, opencast mine

1. Uvod

Rudarski basen Kolubara je najmoćnija karika u Elektroprivredi Srbije. Iz kolubarskog lignita proizvede se svaki drugi kilovat električne energije u Srbiji. Eksploatacijom dnevno i do 100.000 t uglja, omogućava se pouzdani rad termo-elektrana Nikola Tesla i Veliki Crljeni. Kolubarski basen je bio predmet novijih hidrodinamičkih istraživanja (Polomčić & Bajić, 2011; Bajić & Polomčić, 2012; Polomčić et al., 2012; Polomčić et al., 2013a; Polomčić et al., 2013b; Polomčić et al., 2014; Polomčić et al., 2016; Ratković et al., 2016). Površinski kop Tamnava - Zapadno Polje, kao deo kolubarskog basena, je najveći i najmoderniji površinski kop na kome se vrši eksploatacija lignita u Srbiji. Sa kopa su 2015. gdine zabeležene godišnje sume eksploatacije uglja u iznosu od 11.600.000 t uglja što je činilo oko 15,5 % više od godišnjeg bilansa.

Hidrodinamički model Tamnava - Zapadno Polje kreiran je primarno za potrebe sagledavanje stanja nivoa podzemnih voda na širem području Regionalne deponije Kalenić u narednih 30 godina i proširenja kapaciteta vodovodnog sistema Kalenić. Cilj izrade tih hidrodinamičkih istraživanja je bio sagledavanje mera za održavanje projektovanih kota nivoa podzemnih voda na lokaciji Regionalne deponije.

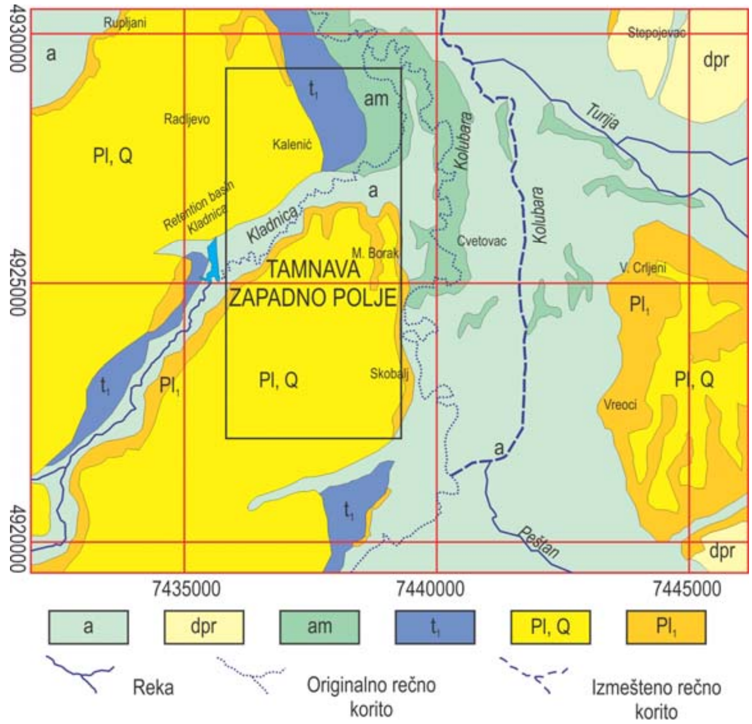
2. Istražno područje

Kolubarski ugljonosni basen obuhvata prostor od oko 600 km^2. Nalazi se na oko 50 km jugozapadno od Beograda (Slika 1). Ležište uglja Tamnava - Zapadno Polje nalazi se na području opština Lajkovac i Ub. Sa zapada i juga ležište se graniči sa istražnim poljem Radljevo, na istoku sa površinskim kopom Tamnava - Istočno Polje, dok se prema severu nalazi prirodna granica isklinjenja ugljenog sloja.



Slika 1. Geografski položaj istražnog terena

U okviru paleoreljefa, u geološkoj građi ležišta lignita Tamnava - Zapadno Polje učestvuju sedimenti paleozoika i mezozoika, dok je sam basen izgrađen od neogenih sedimenata. Ove naslage na široj zoni istražnog prostora (Slika 2) čine aluvijalni i terasni rečno-jezerski sedimenti sastavljeni od šljunkova i peskovitih šljunkova srednje granulacije (rečne terase i aluvijalne ravni - sedimenti korita reka Kolubare, Kladnice, Turije i Peštana). Pored toga, javljaju se i druge naslage kao što su deluvijalno-proluvijalni sedimenti i sedimenti mrtvaja - alevritske gline i lokalne barske gline (aluvijalne ravni). Kvartarni sedimenti leže diskordantno preko pontskih naslaga (Pl_1).



Slika 2. Geološka karta šire zone površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje (Ratković et al., 2016)

Legenda: a - sedimenti korita (šljunak, pesak i gline); dpr - deluvijalno-proluvijalni sedimenti; am - sedimenti mrtvaja (muljevito-glinoviti sedimenti); t_1 - niža rečna terasa; Q,Pl - rečno-jezerska terasa; Pl_1 - pesak, gline (laporovite i ugljevite)

Neposrednu podinu serije ležišta Tamnava - Zapadno Polje čine kvarcni peskovi. Složenu ugljonosnu seriju, pored slojeva uglja, čine i proslojci peskova i ugljevitih glina. Povlatu ugljonosne serije izgrađuju gornje pontski i kvartarni sedimenti.

Na širem prostoru površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje formirane su tri izdani (Tabela 1 i Slika 3): povlatna, međuslojna i podinska. U okviru svih izdani formiran je zbijeni tip izdani pod pritiskom, sa subarteskim nivoom podzemnih voda.

Povlatnu izdan na prostoru Tamnava - Zapadno Polje najvećim delom grade aluvijalni i rečno-jezerski, terasni šljunkovi neujednačenog granulometrijskog sastava kako u vertikalnom tako i horizontalnom pravcu. Obavljenim testovima crpljenja na bunarima određen je koeficijent filtracije u granicama od $6*10^{-5}$ - $6*10^{-4}$ m/s.

Međuslojni peskovi se nalaze na širem prostoru površinskog kopa

Tamnava - Zapadno Polje u delu gde su istaloženi peskovi između dva sloja uglja. Peskovi se prostiru i van ovog kopa u pravcu severozapada gde se spajaju sa peskovima podinske izdani. U pogledu granulometrijskog sastava međuslojni peskovi grade relativno homogenu sredinu u vertikalnom i horizontalnom pravcu, predstavljenu sitnozrnim i srednjezrnim peskovima sa vrednostima koeficijenta filtracije oko $1*10^{-5}$ m/s. Podinu i povlatu međuslojne izdani grade ugljeni slojevi, a na severnom delu kopa se u povlati spaja sa povlatnom izdani.

Podinsku izdan na prostoru površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje izgrađuju sedimenti donjeg ponta, sačinjeni od kvarcnih peskova. Rasprostiranje ovih peskova znatno je šire od područja površinskog kopa, pa tako dopire do obodnih delova kolubarskog basena. Podinski peskovi u granicama površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje su veoma homogeni. Vrednosti koeficijenta filtracije ovih peskova iznosi $(1,3\text{-}2,5)*10^{-5}$ m/s. U podini se nalaze ugljeni slojevi, a zatim i miocenski sitnozrni peskovi i alevriti i gline.

3. Metodologija

Metoda koja je korišćena u radu je hidrodinamička analiza. Ova metoda predstavlja skup različitih metoda hidrodinamičkih proračuna, od kojih je danas najkompleksnija i najprimenljivija metoda trodimenzionalnog hidrodinamičkog modeliranja režima izdani, bazirana na numeričkom rešavanju diferencijalnih jednačina koje opisuju kretanje podzemnih voda i procese koji se dešavaju u poroznoj sredini. Glavnu primenu u hidrogeologiji nalazi za potrebe analize režima i kvantifikacije bilansa podzemnih voda, analize strujne slike, varijantnih proračuna određenog tehničkog rešenja, kao i za prognozu kretanja podzemnih voda, zagađujuće materije ili toplote (Polomčić, 2001).

Hidrodinamički model površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje baziran je na metodi konačnih priraštaja. Kreiran je korišćenjem koda MODFLOW (Harbaugh et al., 2000) sa grafičkim korisničkim interfejsom Groundwater Vistas Advanced verzija 64-Bit 6.74 b.24 (Rumbaugh and Rumbaugh, 2011). Hidrodinamički model šireg područja površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje je koncipiran i izrađen kao višeslojeviti model, sa ukupno osam slojeva, posmatrano u vertikalnom profilu (Tabela 1 i Slike 3 i 4). Svaki od ovih slojeva odgovara određenom realnom sloju, šematizovanom i izdvojenom na osnovu poznavanja terena i rezultata sprovedenih analiza terenskih istražnih radova. Unos inicijalnih vrednosti koeficijenata filtracije izvršen je na

osnovu dosadašnjih terenskih hidrogeoloških istraživanja za sve litološke članove.

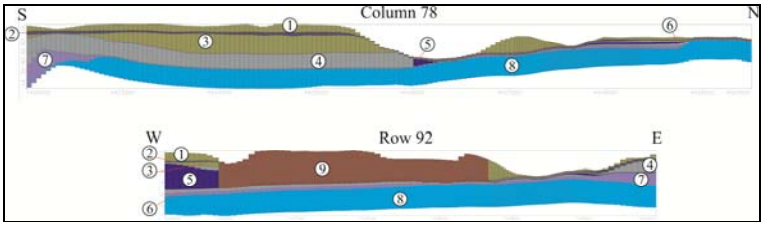
Geometrija šematizovanih slojeva na modelu je predstavljena u skladu sa njihovim realnim rasprostranjenjem u planu i u profilu. Geometrizacija kontura slojeva, njihovo prenošenje u koordinatni sistem modela, izvršena je na osnovu podataka istražnih bušotina (ukupno 796 bušotina, ukupne dužine 48.449,05 m).

Tabela 1. Šematizacija strujne oblasti - prikaz litoloških članova u modelskim slojevima

Modelski sloj	**Litološki članovi**
1. izolatorski sloj	Kvartarne gline i heterogeni materijal odlagališta u severnom delu terena
2. vodonosno -	Peskovi i šljunkovi **povlatne izdani**
izolatorski sloj	i heterogeni materijal odlagališta u severnom delu terena
3. izolatorski sloj	Alevriti i heterogeni materijal odlagališta u severnom delu terena
4. izolatorski sloj	Prvi ugljeni sloj
5. vodonosno -	Peskovi **međuslojne izdani** u zapadnom i centralnom delu ispred konture kopa,
izolatorski sloj	heterogeni materijal odlagališta u severnom delu terena, glinoviti sedimenti u severoistočnom delu i ugljevi na istoku i jugu terena
6. izolatorski sloj	Drugi ugljeni sloj
7. vodonosni sloj	Peskovi **podinske izdani** boljih filtracionih karakteristika
8. vodonosni sloj	Peskovi **podinske izdani** lošijih filtracionih karakteristika

Osnovne dimenzije matrice, kojom je obuhvaćen izučavani teren su 4000 m * 7500 m, odnosno 30 km^2. Diskretizacija strujnog polja u planu je izvedena sa osnovnom veličinom ćelija 50 m * 50 m, koja je u delovima od većeg interesa pogušćena mrežom kvadrata dimenzija 12,5 m * 12,5 m. Teren obuhvaćen modelom je izdeljen mrežom kvadrata i pravougaonika dimenzija 223 reda * 135 kolone i sastoji se od 227.977 aktivnih od ukupno 240.840 modelskih ćelija. Na Slici 3 je na izabranim tipskim profilima prikazan je rezultat hidrogeološke šematizacije prostora

i diskretizacije modela koja je izvršena po dubini.

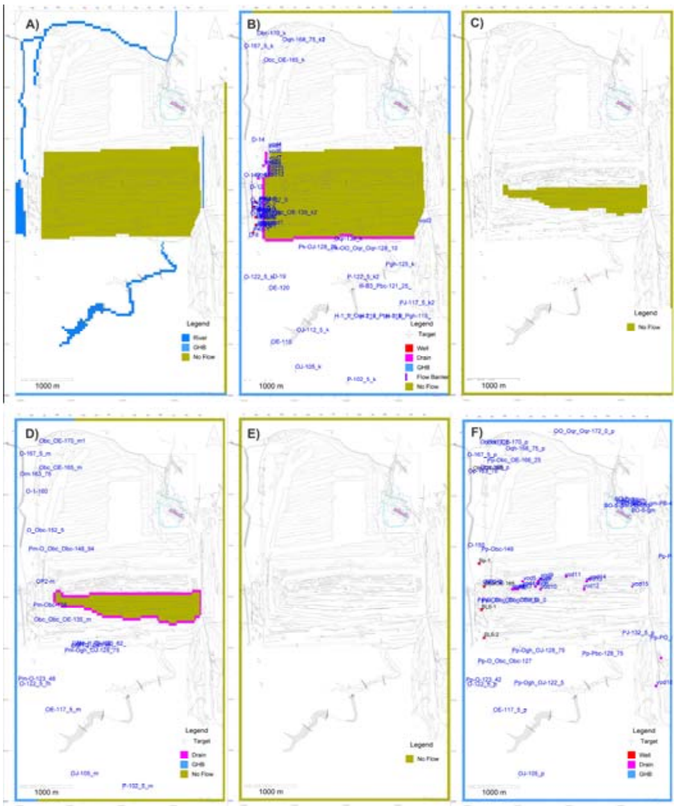


Slika 3. Šematizovani litološki profili u pravcu sever - jug (kolone) i zapad - istok (redovi)

Legenda: 1. glinoviti sedimenti; 2. peskovi i šljunkovi povlatne izdani; 3. alevritični sedimenti; 4. prvi ugljeni sloj; 5. peskovi međuslojne izdani; 6. drugi ugljeni sloj; 7. peskovi podinske izdani boljih filtracionih karakteristika; 8. peskovi podinske izdani lošijih filtracionih karakteristika; 9. heterogeni materijal odlagališta

U hidrodinamičkom modelu Tamnava - Zapadno Polje primenjeni su sledeći granični uslovi (Slika 4):

1. Efektivna infiltracija - infiltracija od padavina i evapotranspiracija (prvi sloj);
2. Granični uslov reka - uticaj površinskih tokova reke Kolubara, retenzije Kladnica i ostalih retenzija (prvi modelski sloj);
3. Granični uslov opšteg pijezometarskog nivoa - doticaj ili oticaj iz modela u okviru rasprostranjenja povlatne, međuslojne i podinske izdani (prvi, drugi, peti, sedmi i osmi sloj);
4. Granični uslov drenaža - isticanje iz izdani duž radnih etaža površinskog kopa (kroz kosine iskopa: u drugom modelskom sloju - šljunkovi i peskovi krovinske izdani i u petom modelskom sloju - međuslojni peskovi; zatim i *izdanska oka* i vodosabirnici na dnu kopa iz kojih se crpe vode i evakuišu van kopa u sedmom modelskom sloju);
5. Granični uslov zadatog proticaja (drenažni bunari) - rad bunara na površinskom kopu i izvorištu Kalenić (drugi i sedmi sloj);
6. Granični uslov zadatog proticaja - polja bez strujanja podzemnih voda (sve granične konture u modelskim slojevima sastavljene od slabije propusnih litoloških članova - treći, četvrti i šesti modelski slojevi, zatim granične konture slabije propusnih sedimenata u modelskim slojevima gde egzistuju - prvi, drugi i peti sloj i unutrašnja kontura kopa - prvi, drugi, treći, četvrti i peti modelski sloj);
7. Granični uslov barijeran - simulirana je dijafragma locirana na zapadu kopa, kod retenzije Kladnica u drugom sloju).



Slika 4. Prikaz graničnih uslova: A) u prvom sloju; B) u drugom sloju (povlatna izdan); C) u trećem i četvrtom sloju; D) u petom sloju (međuslojna izdan); E) u šestom sloju; F) u sedmom i osmom sloju (podinska izdan)

4. Rezultati istraživanja (kalibracija hidrodinamičkog modela)

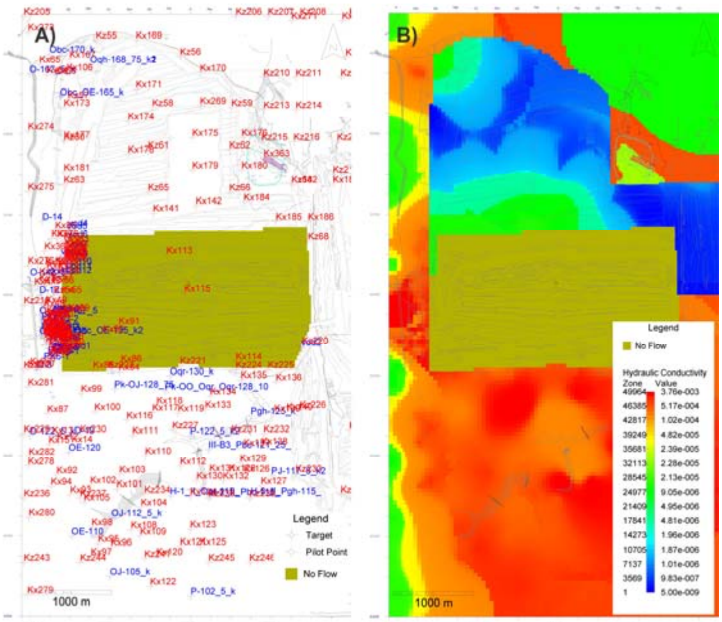
Etaloniranje modela je sprovedeno u stacionarnim uslovima. Strujanje podzemnih voda je na modelu računato i simulirano kao realno strujanje - pod pritiskom ili sa slobodnim nivoom, u svakom polju diskretizacije pojedinačno. U procesu etaloniranja modela kao ciljne tačke u strujnoj oblasti korišćeni su registrovani nivoi podzemnih voda u pijezometrima za decembar 2013. god. Sistem pijezometara obuhvata ukupno 116, od čega je 54 u povlatnoj izdani, 22 u međuslojnoj izdani i 40 u podinskoj izdani.

Kalibracija modela rađena je manuelno i automatski uz pomoć programa PEST (Doherty, 2010) sa opcijom regularizacije, koja

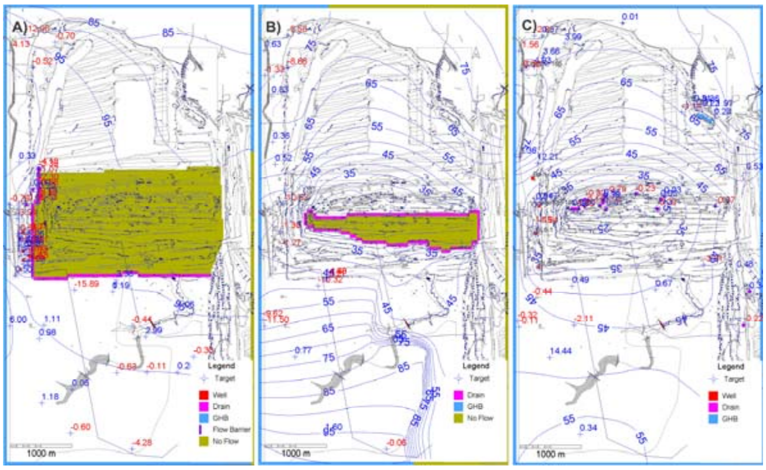
podrazumeva zadavanje tzv. *pilot points*, odnosno kontrolnih tačaka koje u procesu kalibracije modela omogućavaju zadavanje heterogenih zona sa vrednostima hidrogeoloških parametara sredine. Ukupno je zadato 729 kontrolnih tačaka sa horizontalnom komponentom i 286 kontrolnih tačaka sa vertikalnom komponentom koeficijenta filtracije. Na Slici 5A prikazan je primer zadavanja kontrolnih tačaka.

Etaloniranje modela je završeno kada je dobijena zadovoljavajuća saglasnost između registrovanih nivoa podzemnih voda i nivoa dobijenih proračunom, uz kontrolu bilansa podzemnih voda (Slika 6). Na Slici 6 prikazan je raspored pijezometarskog nivoa u sve tri izdani i razlike proračunatih i registrovanih vrednosti pijezometarskih nivoa u pijezometrima.

Na Slici 7 je prikazana korelaciona zavisnost registrovanih i proračunatih vrednosti pijezometarskog nivoa u ukupno 147 osmatračkih objekata (pijezometara i kota nivoa u vodosabirnicima) za vremenski presek za koji je obavljena kalibracija.

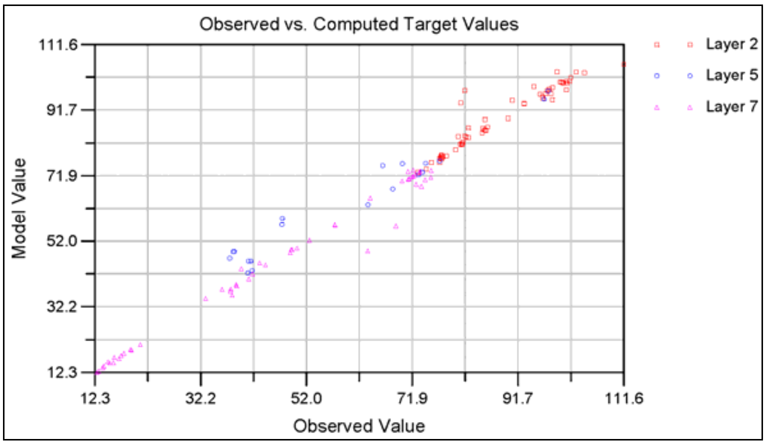


Slika 5. Rasprostranjenje (povlatna izdan) A) kontrolnih tačaka i B) zona sa vrednostima koeficijenta filtracije



Slika 6. Karta rasporeda pijezometartskog nivoa: A) u povlatnoj izdani; B) u međuslojnoj izdani; C) u podinskoj izdani

Prikazana korelaciona zavisnost ukazuje na generalno dobru usaglašenost registrovanih i proračunatih vrednosti pijezometarskog nivoa u osmatračkim objektima, sa izuzetkom nekoliko pijezometara duž zapadnog dela strujne oblasti, praktično u svim izdanima. Razlog velike razlike merenih i proračunatih nivoa podzemnih voda u ovim pijezometara, obzirom na karakter reziduala, je verovatno posledica načina merenja nivoa podzemnih voda ili loše očitana kota *0* na pijezometrima.



Slika 7. Korelaciona zavisnost registrovanih i proračunatih vrednosti pijezometarskog nivoa u osmatračkim objektima

Jedan od rezultata etaloniranja modela predstavljaju i determinisane reprezentativne veličine hidrogeoloških parametara izdvojenih slojeva. Na Slici 5B, kao primer, prikazan je raspored koeficijenata filtracije u povlatnoj izdani. Na hidrodinamičkom modelu površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje ukupno (za sve slojeve) je izdvojeno 49.964 zona sa vrednostima koeficijenata filtracije.

Bilans podzemnih voda je analiziran na nivou svake od postojećih izdani prema graničnim uslovima. Detaljan bilans podzemnih voda na površinskom kopu Tamnava - Zapadno Polje prikazan je u radu Polomčić et al. 2016 (10).

5. Zaključak

Sprovedena detaljna hidrodinamička analiza režima podzemnih voda na lokaciji površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje izvedena je za potrebe sagledavanja stanja nivoa podzemnih voda na lokalitetu Regionalne deponije komunalnog (neopasnog) otpada Kalenić za različita hidrometeorološka i hidrološka stanja, kao i mere za održavanje nivoa podzemnih voda ispod tela deponije do kraja eksploatacije deponije, a u funkciji projektovanih rudarskih aktivnosti i proširenja kapaciteta vodovodnog sistema Kalenić. Na taj način je omogućeno sagledavanje mera za održavanje projektovanih kota nivoa podzemnih voda na lokaciji deponije koja uključuje izradu drenažnih bunara, čiji će broj, lokacije, vreme izrade i aktiviranja, kao i početni kapaciteti biti rezultat namenskih modelskih ispitivanja.

Trodimenzionalnom simulacijom režima podzemnih voda, kreiran je višeslojeviti hidrodinamički modela sa ukupno osam slojeva. Kalibracijom modela, koja je rađena ručno i automatski i koriščenjem tzv. *pilot points*, prikazan je raspored pijezometrskih nivoa, analiziran je bilans podzemnih voda i utvrđene su reprezentativne veličine koeficijenata filtracije svih izdvojenih slojeva.

Kreirani hidrodinamički model površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje predstavlja podlogu za dalje prognozne proračune.

Zahvalnica

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za finansiranje projekata OI-176022, TR-33039 i III-43004.

Literatura

1. Bajić D. & Polomčić D.: A conceptual hydrogeological model for open pit mine Field E (Kolubara coal basin, Serbia). Proceedings of the GIS Ostrava 2012 - Surface models for geosciences symposium, Ostrava, Czech Republic, 23-25 January, 2012; Růžička J. and Růžičková K, Eds.; Vysoká škola báňská - Technical University of Ostrava: Ostrava; pp. 1-12. ISBN: 978-80-248-2667-7, 2012.
2. Doherty J.: PEST - Model-Independent Parameter Estimation, User Manual: 5th Edition, Watermark Numerical Computing, pp. 1-336, 2010.
3. Harbaugh A. W., Banta E. R., Hill M. C. & McDonald M.G. MODFLOW-2000: The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model - User Guide to Modularization Concepts and the Ground-Water Flow Process, U.S. Geological Survey Open-File Report 00-92, Reston, VA, USA, 2000.
4. Polomčić D.: Hidrodinamička istraživanja, otvaranje i upravljanje izvorištima izdanskih voda u intergranularnoj poroznoj sredini, 196 pp. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Rudarsko geološki fakultet, 2001.
5. Polomčić D. & Bajić D.: 3D Hydrodinamic model of open pit mine Field E (Kolubara coal basin). Proceedings of the V International Conference Coal 2011, Zlatibor, Serbia, 19-22 October, 2011; Pavlović V, Eds.; Yugoslav Opencast Mining Committee: Belgrade; pp. 320-330. ISBN: 978-86-83497-17-1, 2011.
6. Polomčić D., Bajić D. & Ristić-Vakanjac V.: Groundwater balance, natural recharge and drainage zones at open pit mine Field E of Kolubara Coal Basin (Republic of Serbia). CD Proceedings of the 7th Conference on Sustainable Development of Energy Water and Environmental Systems, Ohrid, Republic of Macedonia, 01-07 July, 2012; Ban M., Duic N., Guzovic Z., Klemeš J. J., Markovska N., Schneider D. R. and Varbanov P., Eds.; Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture: Zagreb, 2012; ID No. SDEWES2012_FP_80. ISSN: 1847-7186, 2012.
7. Polomčić D., Pavlović V., Bajić D. & Šubaranović T.: Multiannual effects of Peštan source operation in the function of predewatering the future Kolubara basin opencast mines. Proceedings of the VI International Conference Coal 2013, Zlatibor, Serbia, 02-05 October, 2013; Pavlović V, Eds.; Yugoslav Opencast Mining Committee: Belgrade; pp. 259-266. ISBN: 978-86-83497-20-1, 2013.

8. Polomčić D., Bajić D., Ristić-Vakanjac V., Čokorilo M., Drašković D. & Špadijer S.: Hidrodinamičke karakteristike izvorišta Peštan za vodosnabdevanje Lazarevca. Đorđević B., Eds. Vodoprivreda, 261-263. Srpsko društvo za navodnjavanje i odvodnjavanje, Beograd; pp. 55-68. ISSN: 0350-0519, 2013.
9. Polomčić D., Bajić D. & Ilić Z.: Implementation of alternative forecasting hydrodynamic during designing of mines defense system against groundwater on opencast mine field C example. In Pavlović V. (Ed.), Proceedings of the 11th International Opencast Mining Conference, Zlatibor, Serbia, 15-18 October 2014, pp. 321-338. Belgrade: Yugoslav Opencast Mining Committee, 2014.
10. Polomčić D., Bajić D., Ratković J. & Čokoilo Ilić M.: Bilans podzemnih voda na području površinskog kopa Tamnava - Zapadno Polje (Groundwater balance and its components at Tamnava West Field open-pit coal mine). In Vranješ A., Vukićević M. (Ed.), Proceedings of the XV Serbian Symposium on Hydrogeology, Kopaonik, Serbia, 14-17 September, 2016; University of Belgrade - Faculty of mining and geology: Belgrade; pp. 483-487. ISBN: 978-86-7352-316-3, 2016.
11. Ratković J., Polomčić D., Bajić D. & Hajdin B.: A hydrogeological model of the open-cast mine Tamnava - West Field (Kolubara Coal Basin, Serbia). Underground Mining Engineering, 29: 43-54, 2016.
12. Rumbaugh J. O. & Rumbaugh D. B.: Guide to using Groundwater Vistas: version 6. New York: Environmental Simulations, 2011.

REKALIBRACIJA HIDRODINAMIČKOG MODELA LEŽIŠTA LIGNITA DRMNO ZA PERIOD 2015. GODINE

RECALIBRATION OF THE HYDRODYNAMIC MODEL FOR LIGNITE DEPOSIT DRMNO IN THE PERIOD OF 2015

Polomčić D.[1], Zdravković J.[2], Vojnić M.[3], Dimitrijević B.[4]

Apstrakt

Za sigurnu eksploataciju uglja na površinskom kopu Drmno veoma je bitno kvalitetno odvodnjavanje podzemnih voda. Kako izrad, tako i rekalibracija hidrodinamičkog modela je veoma bitna za uspešno projektovanje sistema zaštite kopa od podzemnih voda.

Ključne reči: Odvodnjavanje, hidrodinamički model, ležište lignita, podzemne vode

Abstract

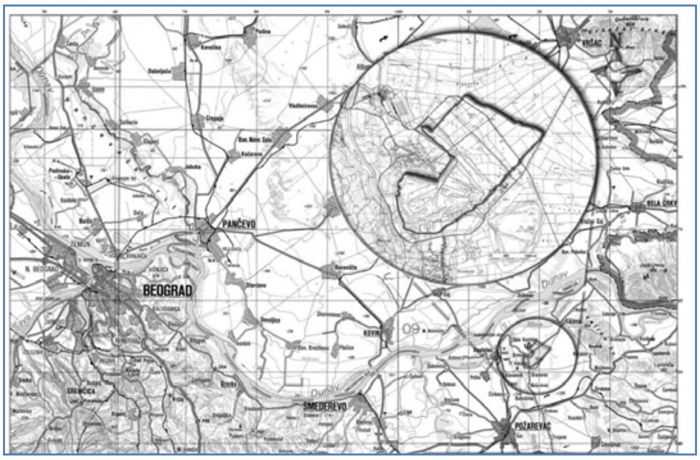
For the safe coal mining on the opencast mine Drmno, it's very important that there is quality groundwater drainage. Both the creation and the recalibration of the hydrodynamic model are very important for the successful design of a system for protection from groundwater.

***Key words**:* Dewatering, hydrodynamic model, coal deposit, groundwater

[1] Prof. Dr Dušan Polomčić, Univerzitetu Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[2] Jovan Zdravković, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak TE-KO Kostolac
[3] Mladen Vojnić, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak TE-KO Kostolac
[4] Doc. dr Bojan Dimitrijević, Univerzitetu Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet,

1. Uvod

Ležište lignita Drmno obuhvata teren površine oko 52 km^2. Površinski kop Drmno se nalazi severoistočno od sela Drmno (Slika 1), a od Beograda je udaljen oko 100 km. Granicu ležišta predstavlja reka Dunav na severu, a na zapadu reka Mlava.



Slika 1. Geografski položaj površinskog kopa Drmno

Sistem zaštite od podzemnih voda na površinskom kopu Drmno je kombinovanog tipa, i sastoji se iz drenažnih bunara, vodonepropusnog ekrana, etažnih kanala, vodosabirnika i pumpnih stanica. Osnovu čine linije bunara koje su postavljene po konturama eksploatacionog polja.

Hidrodinamički proračuni za potrebe dimenzionisanja broja bunara, njihovog međusobnog rastojanja i pojedinačnih kapaciteta, kao i za prognozu efekata rada sistema odbrane kopa od podzemnih voda realizuju se na hidrodinamičkom modelu režima podzemnih voda šire zone površinskog kopa Drmno, koji je koncipiran i izrađen kao višeslojeviti model, sa ukupno šest slojeva, posmatrano u vertikalnom profilu. Svaki od ovih slojeva odgovara određenom realnom sloju, šematizovanom i izdvojenom na osnovu poznavanja terena i rezultata sprovedenih analiza obimnih terenskih istražnih radova. Posmatrano od površine terena, korespodentni slojevi modela i terena su:

Prvi vodonosni sloj	povlatni aluvijalni i lesni sedimenti
Drugi vodonosni sloj	pretežno šljunkoviti vodonosni sloj
Treći vodonosni sloj	peskoviti i glinoviti sloj u povlati II ugljenog sloja, koji bočno (istočno) prelazi u povlatni peskoviti sloj III ugljenog sloja

Četvrti kombinovani izolatorsko-vodonosni sloj	II ugljeni sloj (izolator), koji bočno (istočno) prelazi u povlatni peskoviti sloj III ugljenog sloja
Peti vodonosni sloj	peskoviti sloj koji leži u povlati III ugljenog sloja. U zapadnom delu terena on leži preko (modelskog) šestog vodonosnog sloja
Šesti vodonosni sloj	prašinasto-peskoviti sloj, koji leži u povlati III ugljenog sloja. U delu terena gde on izostaje, povlatu III ugljenog sloja čine peskovi, čiji je glavni predstavnik na modelu peti vodonosni sloj.

Podinu petog, ili šestog sloja (kako gde), čini III ugljeni sloj, koji po svom hidrogeološkom i hidrauličkom mehanizmu predstavlja izolator, odnosno graničnu strujnu površ.

Područje obuhvaćeno modelom ima dimenzije 6.720*10.320 m. Kako je rečeno, model se sastoji od 6 šematizovanih slojeva, sa ukupno 726.520 aktivnih ćelija. Diskretizacija strujne oblasti je sa poljima, dimenzija od 10*10 m do 80*80 m. Manja polja nalaze se u zonama od većeg interesa (baraže bunara), dok su veća na udaljenijim delovima terena. Kretanje podzemnih voda je na modelu računato i simulirano kao realno kretanje pod pritiskom, ili sa slobodnim nivoom, u svakom polju diskretizacije pojedinačno, pri čemu su uslovi izdanskog toka tokom vremena na modelu menjani u skladu sa realnim uslovima.

Za rekalibraciju hidrodinamičkog modela površinskog kopa Drmno prikupljeni su i dostavljeni podaci za period januar 2015. - decembar 2015. godine. o osmatranju režima podzemnih voda, radu drenažnih bunara, vodostajima Dunava i Mlave, i vrednosti padavina. Vodostaji Dunavca i kanalske mreže između Dunava i Dunavca nisu dostavljeni.

Uvidom u dostavljeni materijal o radu drenažnog sistema za zaštitu kopa od podzemnih voda zaključuje se da je dinamika registrovanja režima nivoa podzemnih voda 1-2 puta mesečno, dok su podaci o radu drenažnih bunara dostavljeni na mesečnom nivou. U stabilnom režimu rada drenažnog sistema, ova dinamika osmatranja se može smatrati prihvatljivom, pod uslovom da se registrovanje režima obavlja metodološki ispravno, stručno korektno i profesionalno.

2. Rekalibracija hidrodinamičkog modela za period 2015. godine

Prvobitnom višeslojevitom hidrodinamičkom modelu površinskog kopa lignita Drmno (Pušić, Polomčić, 1999.), usled napredovanja kopa tokom vremena, usled uključenja i isključenja većeg broja bunara, i potrebe sagledavanja razvoja kopa u sklopu odgovarajuće tehničke dokumentacije, promenjene su određene početne karakteristike. Najpre,

povećano je područje oko ležišta uglja obuhvaćenog modelom (od dimenzija modela 6.720*5.550 m iz 1999. godine do 6.720*10.320 m u 2008. godine), a zatim je izvršena detaljnija diskretizacija strujne oblasti što je rezultovalo povećanje broja modelskih ćelija (od 80.851 u 1999. do 726.520 aktivnih ćelija, počev od 2008. godine). Takođe, izvršena je konverzija dela graničnih uslova u kompleksnije, a neki su prvi put uneti u model, sa osnovnom namenom što približnije simulacije realnih uslova na terenu (Slika 2).



Slika 3. Prikaz diskretizacije područja obuhvaćenog modelom

Na modelu formiranom 1999. godine u više navrata je vršena njegova rekalibracija, (2005., 2006., 2007., 2008., 2009., 2010., 2011., 2012., 2013. i 2014. godine), u skladu sa napredovanjem rudarskih radova, rezultatima novih geoloških istraživanja, razvojem sistema za zaštitu kopa od podzemnih voda, novim podacima osmatranja režima podzemnih voda, kao i konkretnim zadacima vezanih za primenu postojećeg matematičkog modela. U prve dve rekalibracije modela izvršene su nešto veće promene po pitanju distribucije zona hidrogeoloških parametara i njihovih vrednosti (koeficijenata filtracije i specifične izdašnosti izdani) u odnosu na prvobitni model. Takođe, u određenim delovima modela, izvršene su korekcije kota zaleganja pojedinih slojeva, a prema novijim rezultatima izvedenih geoloških i hidrogeoloških istražnih radova.

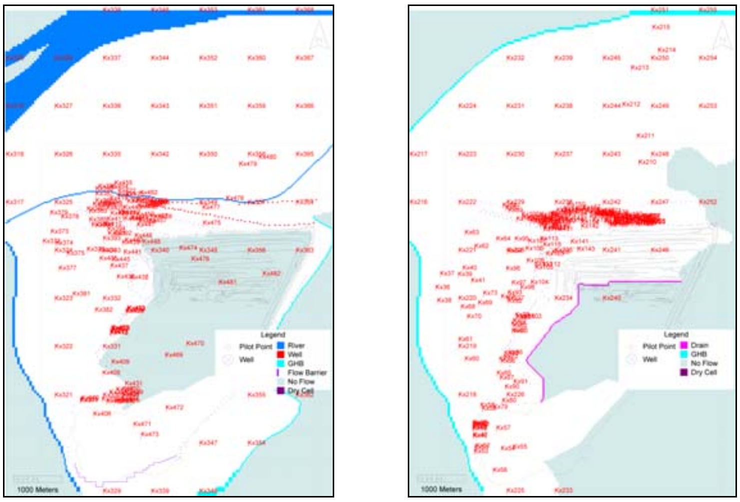
U trećoj rekalibraciji modela izvedene su manje intervencije na

promenama lokalnih vrednosti koeficijenata filtracije u šljunkovitom i peskovitom vodonosnom sloju. Rekalibracija modela iz 2008. godine izvedena je za potrebe izrade Glavnog rudarskog projekta (Rudarsko-geološki fakultet). Tom prilikom, postojeći model je proširen na jug, južno od postojećeg vodonepropusnog ekrana, i na sever do Dunava.

Tokom 2009., 2010. i 2011. godine izvedene su još tri rekalibracije modela, ovaj put u postojećim granicama područja obuhvaćenog modelom iz 2008. godine, ali sa novim konturama kopa i novim podacima o radu drenažnog sistema, registrovanim pijezometarskim nivoima, i novim podacima vezanim za padavine i vodostaje površinskih tokova. Isto je urađeno tokom 2012., 2013. i 2014. godine, kada je vršena rekalibracija modela prateći aktuelno stanje rudarskih radova i unoseći u model nove informacije o prostornom položaju zastupljenih litoloških članova uz zadavanje novih registrovanih vrednosti režima podzemnih voda, a sve za potrebe lociranja bunara u drenažnim linijama LC-XIV (ranije LC-XIV') i LC-XV (ranije LC-XIV), i procene efekata njihovog rada.

Za potrebe izrade Tehničkog rudarskog projekta zaštite površinskog kopa Drmno od voda tokom 2016 i 2017. gidine, urađena je nova rekalibracija sa podacima režima podzemnih voda iz 2015. godine. Takođe, izvršene su određene korekcije i preciziranja postojećeg modela koje se odnose na zadavanje složenijih graničnih uslova i dodavanja novih u donjim slojevima modela. Na istoku je podzemni doticaj sa viših delova terena simuliran graničnim uslovom opšteg pijezometarskog nivoa. Ovim graničnim uslovom simulirani su i podzemni doticaji sa severa i zapada u peskovima u povlati trećeg ugljenog sloja.

Hidrodinamički proračuni su realizovani u nestacionarnom režimu strujanja. Period obuhvaćen rekalibracijom modela odgovara periodu režimskih osmatranja na površinskom kopu Drmno (januar 2015. - decembar 2015. godine). Osnovni proračunski korak je bio jedan dan, koji je na nižem nivou iteracija podeljen na 10 delova, nejednakog trajanja (faktor 1,2). Rekalibracija modela rađena je manuelno i atomatski uz pomoć programa PEST sa regularizacijom, koja podrazumeva zadavanje, odnosno kontrolnih račaka koje u procesu kalibracije modela omogućavaju zadavanje heterogenih zona po pitanju vrednosti određenih parametara sredine. Na Slici 4 prikazani su drugi modelski sloj (šljunkoviti sedimenti) i peti modelski sloj (peskoviti sedimenti u povlati III ugljenog sloja) u kojima su zadate kontrolne tačke za horizontalnu komponentu koeficijenta filtracije (K_x).

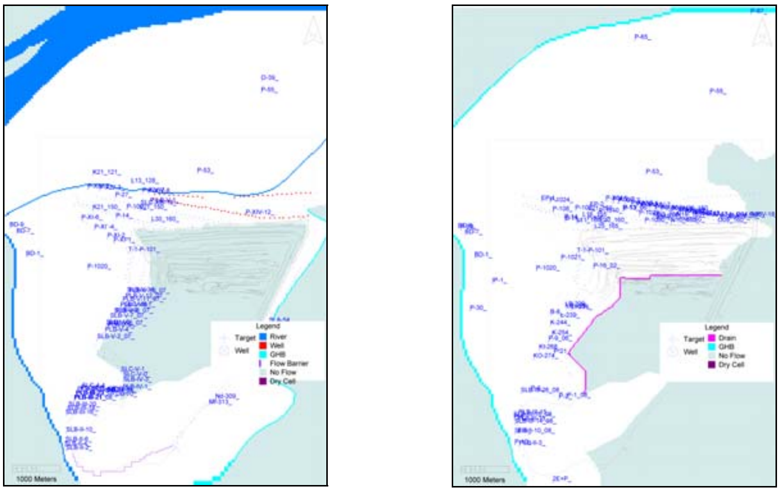


a) *b)*

Slika 4. Prikaz rasprostranjenja kontrolnih tačaka za automatsku kalibraciju modela
a) aluvijalni šljunkovi, b) peskovi u povlati III ugljenog sloja

Kontrolnim tačkama određene su prostorne distribucije horizontalne ($K_x = K_y$), vertikalne (K_z) komponente koeficijenata filtracije, i specifičnog uskladištenja. Ukupno je zadano 530 kontrolnih tačaka sa horizontalnom komponentom i 320 kontrolnih tačaka sa vertikalnom komponentom koeficijenta filtracije, dok je za specifično uskladištenje zadano 340 kontrolnih tačaka. Način zadavanja kontrolnih tačaka zavisio je od hidrogeološkog značaja pojedinih sedimenata i broja i rasporeda pijezometara u vodonosnim sredinama. Za slabije vodopropusne sedimente zadavana je homogena mreža kontrolnih tačaka za svaki izdvojeni litološki član (prvi i treći modelski sloj). S druge strane, za vodonosne sredine u kojima postoje pijezometri zadavane kontrolne tačke preko tzv. triangulacije između pijezometara sa dodatnom kontrolnom tačkom u centru svakog trougla koju čine tri susedna pijezometra. Potom su vršena pogušćenja u delovima u kojima se ne nalaze, ovako zadane, kontrolne tačke. Kontrolne tačke kojima se određuju distribucija vrednosti vertikalne komponente koeficijenta filtracije pomerene su u odnosu na horizontalnu komponentu za $\Delta x = \Delta y = 10$ m.

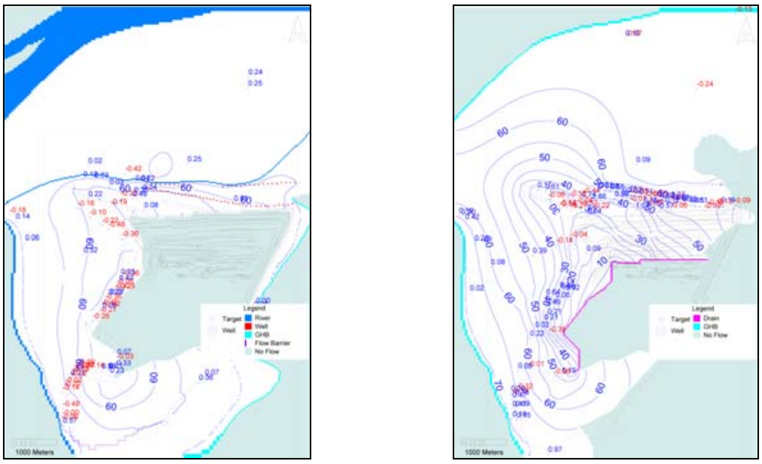
Na Slici 5 prikazane su lokacije osmatračkih objekata na području obuhvaćenom hidrodinamičkim modelom kopa, koji su poslužili za sprovođenje nestacionarne rekalibracije modela.



a) *b)*

Slika 5. Prikaz položaja osmatračkih objekata na površinskom kopu Drmno (decembar 2015.g.) i graničnih uslova - a) šljunkoviti sedimenti, b) peskovi u povlati III ugljenog sloja

Na Slici 6 prikazan je raspored pijezometarskih nivoa u šljunkovitom i peskovitom vodonosnom sloju u povlati III ugljenog sloja, dobijen simulacijom režima podzemnih voda sa stanjem koje je vladalo na kraju perioda rekalibracije modela - decembar 2015. godine.



a) *b)*

Slika 6. Prikaz rasporeda pijezometarskog nivoa u a)- šljunkovitom b)- peskovitom sloju iznad III ugljenog sloja na kraju perioda za koji je vršena rekalibracija modela (decembar 2015.)

3. Zaključak

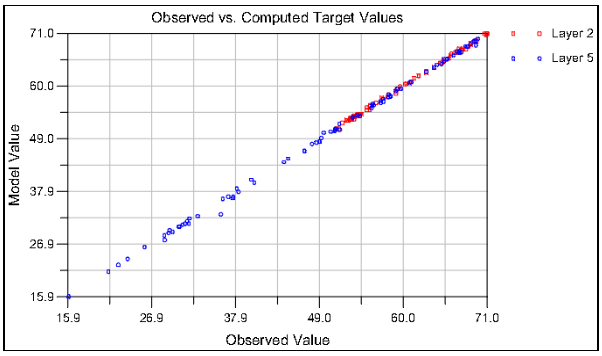
Hidrodinamički proračuni za potrebe dimenzionisanja broja bunara, njihovog međusobnog rastojanja i pojedinačnih kapaciteta, kao i za prognozu efekata rada sistema odbrane od podzemnih voda realizovani su na hidrodinamičkom modelu režima podzemnih voda šire zone površinskog kopa Drmno.

Prvi hidrodinamički model ležišta Drmno je izrađen 1999. godine, a njegova rekalibracija je vršena u više navrata. Najnovija rekalibracija je urađena 2015. godine i izvršene su određene korekcije i preciziranja postojećeg modela koje se odnose na zadavanje složenijih graničnih uslova i dodavanja novih u donjim slojevima modela. Rekalibracija modela rađena je manuelno i atomatski uz pomoć programa PEST sa regularizacijom, koja podrazumeva zadavanje, odnosno kontrolnih račaka koje u procesu kalibracije modela omogućavaju zadavanje heterogenih zona po pitanju vrednosti određenih parametara sredine.

U cilju ocene kvaliteta izvedene rekalibracije hidrodinamičkog modela površinskog kopa Drmno izvršena je statistička analiza rezultata simulacije režima podzemnih voda. U Tabeli 1 prikazani su osnovni statistički pokazatelji vezani za reziduale, odnosno razlike registrovani i proračunatih vrednosti pijezometarskih nivoa u ukupno 219 osmatračka objekta, dok su na Slici 7 prikazane vrednosti reziduala. Prikazani statistički pokazatelji ukazuju na dobru usaglašenost registrovanih i proračunatih vrednosti pijezometarskog nivoa u osmatračkim objektima.

Tabela 1. Prikaz statističkih pokazatelja reziduala (razlike registrovanih i proračunatih vrednosti pijezometarskog nivoa)

Srednja vrednost reziduala	0,08
Standardna devijacija	0,36
Absolutna srednja vrednost	0,27
Suma kvadrata	11,60
Srednja kvadratna greška	0,40
Minimalna vrednost reziduala	-0,68
Maksimalna vrednost reziduala	2,88



Slika 7. Prikaz vrednosti reziduala na kraju vremenskog perioda za koji je model rekalibrisan

Literatura

1. Šubaranović T., Pavlović V., Polomčić D.: Hidrodinamički proračun Deonice 1 ekrana na površinskom kopu uglja Drmno, Zbornik radova V Međunarodne konferencije UGALJ 2011, str. 355-361, ISBN: 978-86-83497-17-1, Zlatibor, Srbija, 2011.
2. Šubaranović T., Polomčić D., Pavlović V., Pajić N.: A transient three-dimensional numerical model of water impermeable screen effects on the groundwater inflow reduction into the mine (Case Study: Open pit mine Drmno, Serbia), Proceedings 11th International Conference Research and development in mechanical industry RaDMI 2011, Vol. 2, p.p. 1257-1264, ISBN: 978-86-6075-028-2, Sokobanja, Serbia, 2011.
3. Pavlović V., Šubaranović T.: Pouzdanost, optimizacija i upravljanje sistemima odvodnjavanja površinskih kopova, Naučna monografija, str. 140, ISBN: 978-86-7352-240-1, COBISS.SR-ID 192077836, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Srbija, 2012.
4. Pavlovic V., Polomcic D., Subaranovic T.: Design of the Opencast Coal Mine Drmno Dewatering System, Proceedings of the 12th International Symposium Continuous Surface Mining, Aachen 2014, DOI: 10.1007/978-3-319-12301-1_11, p.p. 101-116, Germany, 2014.

MODERN TRENDS OF INDUSTRY ROBOTIZATION IN THE WORLD WITH AN RISK POTENTIAL ANALYSIS

SAVREMENI TRENDOVI ROBOTIZACIJE INDUSTRIJE U SVETU SA ANALIZOM POTENCIJALNIH RIZIKA

Radosavljević S..[1], Ille N.[2] Radosavljević M.[3], Radosavljević J.[4]

Abstract

By responsible behavior and responsible application of scientific research, artificial intelligence makes life easier for people in all possible areas, releases them with heavy, fatigued, repetitive jobs, enables them to acquire new knowledge and expand their cognitive and physical boundaries. For example, intelligent systems already exist IT applications can perform extremely complex business ventures even better than man, faster, and with incredible intelligent precision. The obstacle does not lie in the limitation of processing power, but in the fundamental foundations of computer-based computing based on the Turing-type digital computer, to which all modern digital computers belong.

This type of informatics carries with it the fundamental property of separation of semantics and syntax (someone from outside must give interpretation to symbols appearing in one program code), while man's brain has the opposite, intentional characteristic, which can most easily

[1] Dr Radosavljević Slobodan, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak RB Kolubara
[2] Ille Nikola, The Wolrd Bank, Belgrade
[3] Radosavljević Milan, City Municipality of Lazarevac, Lazarevac
[4] Radosavljević Jovana, City Municipality of Lazarevac, Lazarevac

be expressed as the unity of thought and object of thought. Hence, there is no opinion without the object of thinking, there is no blind symbol to whom one only needs to add meaning to the subsequent. Therefore, many famous world theoreticians in the field of robotics believe that a fundamental turn in this field will only arise with the change of the existing computer paradigm.

But the theme of this paper is to look at contemporary trends in the field of robotics, what further in artificial intelligence and robotization, and can it be implemented at the heart of the production processes of industry and mining? What are the thresholds of the risk of such efforts? And to what extent, how far in the constellation of the subject process of robotization, a person can either go forward? And can this at the same time also mean unstoppable snoopers in a more specific context? The paper does not give answers to all these questions, but it tries to break all the prejudices of artificial intelligence and robotization as the inevitable processes of the future, and on such platform an attempt to generalize a new paradigm of robotization, which is hardly recognizable for now, and understandable for many in the era the emerging fourth industrial revolution.

***Key words*:** Automation, artificial intelligence, robotics, robot, risk, mining

Apstrakt

Odgovornim ponašanjem i odgovornom primenom naučnih istraživanja, veštačka inteligencija olakšava život ljudima u svim mogućim područjima, oslobađa ih teških, zamornih, repetitivnih poslova, omogućava im sticanje novih saznanja i proširivanje njihovih kognitivnih i fizičkih granica, Na primer, sada već postoje inteligentni sistemi koji preko informatičkih aplikacija mogu obavljati izuzetno kompleksne poslovne poduhvate čak kvalitetnije od čoveka, brže, i sa neverovatnom inteligentnom preciznošću. Prepreka ne leži u ograničenju procesorske moći već u fundamentalnim osnovama računarstva zasnovanog na digitalnom računaru Turingovog tipa, kome pripadaju svi savremeni digitalni računari.

Ovaj tip informatike nosi sa sobom fundamentalno svojstvo razdvojenosti semantike i sintakse (neko spolja mora dati interpretaciju simbolima koji se pojavljuju u jednom programskom kodu), dok čovekov mozak ima suprotno, intencionalno svojstvo, koje se najprostije može iskazati kao jedinstvo misli i objekta mišljenja. Dakle, nema mišljenja bez objekta mišljenja, nema slepog simbola kome neko tek naknadno

treba da pripiše smisao. Stoga mnogi poznati svetski teoretičari u oblasti robotike smatraju da će fundamentalni zaokret u ovoj oblasti nastati tek sa promenom postojeće računarske paradigme.

Ali tema ovog rada je obzirom na sagledavanje savremenih trendova u oblasti robotike, šta dalje u veštačkoj inteligenciji i robotizacijii, te da li je nju moguće implementirati u samo srce proizvodnih procesa industrije kao i rudarstva? Kakvi i koliki su pragovi rizka takvih nastojanja? I do koje granice, koliko daleko u konstalaciji predmetnog procesa robotizacije čovek može ili sme ići napred? Te da li to istovremeno može značiti i mjegov nezaustavljiv sunovrat u više aspektnom kontekstu? Rad ne daje odgovore na sva ova pitanja ali u njemu se pokušavaju razbiti sve predrasude veštačke inteligencije i robotizacije kao neminovnih procesa budućnosti te i na takvoj platformi pokušaj generalizovanja nove paradigme robotizacije, koja je za sada teško prepoznatljiva, pa i razumljiva za mnoge u eri već nastale četvrte industrijske revolucije.

Ključne reči: Automatizacija, veštačka inteligencija, robotizacija, robot, rizik, rudarstvo

Introduction

When considered in general, the development of artificial intelligence and robotics in the world of science there are very different but respectable thoughts to very pessimistic, thoughts and conclusions. So the scope of thought goes at the level of pessimistic, moderate and optimistic thinking. It is important to note, although little is said of this, that very few scientists and professional people are directly engaged in the area of this perception dimension, which undoubtedly accelerates the overall progress of humanity. Why is it so? Why are new IT, artificial intelligence and robotics, if at all so can be said in the sphere of thinking not to say ownership, (because it would be really brutal), very few people on the planet earth? Does this situation and how can it affect the overall modern development trends in the field of world robotics? Who currently holds the primacy in the development and transfer of robots in the world?

This is a very complex question for configuring a rational and constructive answer from the perspective of the world's scientific and professional public. If that's a problem for them, first of all, it's about the world's potential of high intelligence, then what about ordinary man, as we say, a little man and a common mortal? How much is his knowledge in this field, how much he is able to understand this, benefit from it, and

only in the case of need and protection if destructions occur in a negative connotation. In most cases, the most risky thresholds of negativity risks that can be applied very realistically and certainly cause damage to everyone, including the complete development of the world's human resources potential, which at the moment is congratulated by the world, as well as the entire humanity in general, are at the forefront. As can be seen, even in this configured concept of approaching the problematic problem with several sentences, there have been many very real, complex, complex and responsible questions in which science should provide an adequate, expert, rational and understandable answer, [1].

1 Some of trends of sales of robots in the world industry

With the worldwide development of the robotization format, an accelerated transfer began in the context of concrete operationalization and application of robots in industrial practice as well as outside industries in almost all world locations. In 2015, the largest volume of robot production in the world was recorded. In the same year robot sales rose by 15% to 253,748 units, by far the highest level ever recorded for one year. The main driver of growth in 2015 was the general industry with an increase of 33% compared to 2014, in particular electronics (+ 41%), metal industry (+ 39%), chemical industry, plastics and rubber industry (+16 %). Robot sales in the automotive industry rose sharply in 2015 after a five-year period of stagnation and significant lag. China has significantly expanded its leading position as the world's largest robot market with a share of (27%) of the global total supply in 2015, [1] to [3].

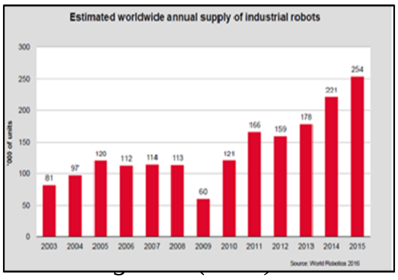


Figure 1 (2017)

Figure 1 shows the robot trend of robots in the world in the period 2003-2015, ie the supply of the robotic world market in the indicated period. Since 2010, demand for industrial robots has been greatly accelerated due to the steady increase in all general trends towards

automation and efforts towards innovative technical improvements with industrial robots. Between 2010 and 2015, the average sales growth of robots was 16% per annum (CAGR-compound annual growth rate). The number of robotic installations has never increased so much before. Between 2005 and 2008, the average annual number of robots sold on the world market was around 115,000 units. 2009 was excluded due to the great global economic and financial crisis. In 2008, there was a remarkable drop in sales of robots. Between 2010 and 2015, the average annual supply of robots has risen to around 183,000 units. This is an increase of around 59% and is a clear sign of a significant increase in demand for industrial robots around the world. Asia, (Australia and New Zealand are included in the category) are still the strongest in the world of market growth. In the region, a total of 160,600 units sold in 2015 were sold, which is a growth of (19%). This was the highest level of sales ever recorded in the above four years. Robot sales in the second largest market in Europe rose by 10%, to 50,100 units. About 38,100 industrial robots were sold in the USA market, which is (17%) more than in 2014, establishing a new growth rate, and a total of 75% of worldwide robot sales were realized in five countries. There are five major markets in the world in the world, representing 75% of the total worldwide sales volume of robots in 2015: China, the Republic of Korea, Japan, USA and Germany. The robot sales volume in 2014 grew by 70%. Since 2013, China has been the largest robot market in the world with continuous dynamic growth in demand. With sales of 68,600 industrial robots in 2015 - an increase of (20%) compared to 2014 - only China has exceeded the total sales volume in Europe (50,100 units). Chinese robot suppliers have installed around 20,400 units according to information from the Chinese Robotic Industry (CRIA). Their sales volume was about (29%) more than in 2014. Robot suppliers increased sales for (17%) to 48,100 units (including robots manufactured by robotic robots in China). The market share of Chinese robot suppliers rose from (25%) in 2013 to (29%) in 2015.

Between 2010 and 2015, the total supply of industrial robots increased by around 36% per year on average. About 38,300 units were sold to the Republic of Korea, (55%) more than in 2014, the increase was partly the result of a large number of companies that began reporting only their data in 2015. The actual growth rate in 2015 is estimated at around 30% to 35%. In 2015, robotic sales in Japan increased by (20%) to around 35,000 units the highest level since 2007 (36,100 units). Robot sales in Japan followed the downward trend between 2005 (peaked at 44,000 units) and 2009 (when sales fell to only 12,767 units). Between

2010 and 2015 robot sales increased by 10% annually (CAGR). The increase in robotic installations in the USA continued in 2015, for (5%) the peak of 27,504 units.

The reason for this steady growth since 2010 was a trend that is currently underway to automate production, to strengthen the US industry in the global marketplace and to keep production at home, and in some cases to return robots that have previously been shipped to other markets. Germany is the fifth largest robot market in the world. In 2015, the number of robots sold with a growth trend and a new record of 20,105 units compared to 2014 (20,051 units). In spite of the high robotic density of 301 units per 10,000 employees, sales in Germany are still very high in Germany annually. Between 2010 and 2015, annual sales of robots rose by an average of (7%), thus showing the growth trend in Germany (CAGR). Since 2013, Taiwan has been ranked sixth among the most important robot markets in the world. Robotic installations have been significantly increased between 2010 and 2015, by (17%) on average per year (CAGR). In 2015, sales of robots increased by (4%) to about 7,200 units, the new peak. However, the number of Taiwan units is well below the number in Germany, which is in fifth place with 20,100 units. Thailand is an undoubtedly growing robotic market in Asia. In 2015, the delivery of industrial robots was reduced by (30%), around 2,600 units. Growth was achieved in 2012 with about 4,000 units. The sales of robots in India declined in 2015 to around 2,100 units. This is slightly lower than the peak in 2014.

The robot also shipped to other Southeast Asian countries like Malaysia, Singapore and Vietnam and is expected to grow in 2015. Italy is the second largest robot market in Europe after Germany. Everywhere is ranked on the sdm place in 2015 as well as in 2014. Robotic investments continued to grow in 2015. The total sales of industrial robots increased by (7%) to nearly 6,700 units, which is a new growth, [1] to [5] and [6] to [9].

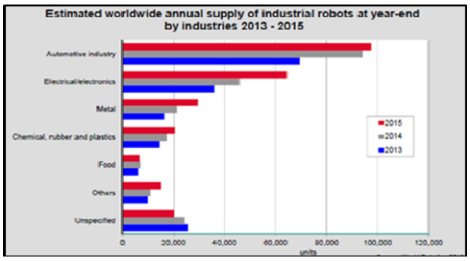


Figure 2 (2017)

Between 2010 and 2013, the annual sales of robots in Italy were rather weak due to the crisis and the difficult economic situation. The robot market in the French market continued to increase in 2015, by (3%) almost 3,045 units. In Spain, sales of industrial robots increased by (63%) around 3,800 units, the highest number ever recorded. The sales of industrial robots in England have further decreased in 2015 to 1,645 units.

Robotic installations in all other Western European and Nordic countries, as in the Czech Republic and Poland, increased significantly in 2015. Sales in Turkey continued to grow in 2015. Mexico is becoming an important market for industrial robots. It doubles the sales of robots to about 5,500 units in 2015, which is by far the largest volume of sales ever registered for this country. In Canada, sales of robots increased by (49%) to around 3,500 units in 2015, which represents a new growth. In 2015, sales of robots in Brazil recovered (11%) to 1,400 units. Figure 2 shows the annual assessment of the industry's global industrial robot offer for the period 2013-2015. A significant increase in the operational state of the robot application worldwide has continued. The number of total industrial industrial robots in the world at the end of 2015 increased by (11%) to around 1.6 million units. Since 2010, the trend of growth has increased by 9% on average annually. The value of the global market amounted to $ 11.1 billion in 2015, the value of sales increased by (9%) and as a new value adds up to $ 11.1 billion. It should be noted that these figures generally do not include the costs of software, peripherals and system engineering. Including these costs, the market value of actual robotic systems may be about three times higher. It is estimated that the world market value of robot units in 2015 amounted to 35 billion dollars, which represents a great potential for robotic installations in the world.

When comparing the distribution of industrial robots in different countries, expressed in the total number of units, it can very often be wrong. In order to take into account the differences in the size of manufacturing industries in different countries, it is desirable to use a measure of the density of robots. One such robot density measure is the number of industrial robots per 10,000 employees. It is different from 27 to 453. In 2015, the average density of robots in the following regions was 92 units in Europe, 86 in the USA and only 57 in Asia.

The general conclusion is that in almost all countries there is a potential for robotic installations in our industries and it is really big. Continuing the necessary modernization and redesign in the industry as well as outside the industry also guarantee secure further robotic investments, especially in already highly automated countries with ever-

increasing trends in the application of artificial intelligence, robotics and robots. Regarding robotic units, the World Fund of Operational Industrial Robots has increased to around 1,631,600 units at the end of 2015 and is planned to be 2,589,000 units at the end of 2019, representing a gradual annual growth rate of 12% between 2016 and 2019th year. The robot operating number in 2016 increased by 9% in the USA, by 16% in Asia/Australia and by 6% in Europe. It is expected to increase in the period 2017 - 2019, by 9% on average in the USA, by 16% in Asia/Australia and up to 6% in Europe. Figure 3 shows the total annual transfer of industrial robots in the period 2014-2015 and the expectation of a trend growth until 2019 by the sale of robots on the world market, [1], [10] to [15].

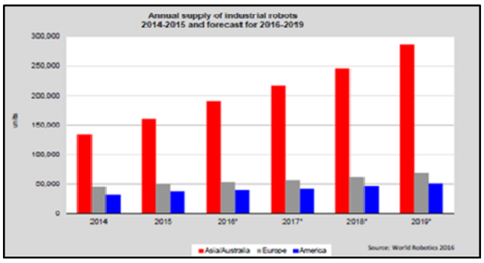


Figure 3 (2017)

2 Some of the trends of the growth of distribution of robots in the world with the review of the risk potential analysis in a more aspect context

A generalized risk analysis in robotics is at this moment a very demanding and complex process. Here it is necessary to carry out a detailed examination of all aspects that can represent the meaningful logic of things, but it is also impossible to ignore the absurd logic which in any case arises from the entire problem domain itself. In the first chapters of the basic laws of robotics (Isak Asimov, "Robi", 1939) everything seems quite simple and it seems that the definitions are very clearly defined within the limits that a person can easily recognize, bring them to a conclusion and build a control mechanism to handle in all the aseptic circumstances of the work of the robot.

However, the question arises as to how realistic this is and is it possible at all? This is because it is completely logical in the future, and some scientists today confirm that the robot is at the level of human eligibility, and even in future sequences of its development, it is

overtaxed, that is, that the target intelligently seizes all the control systems that man has generated. It's even possible that robots begin to configure their control systems to be able to control the human intellect. As a man of that same robot creates a question arises where the boundaries are and when this can happen, by chance, not intentionally or deliberately losing complete control over it in all aspects more meaningfully.

Table 1 Presentation of trends in the annual delivery/sales of industrial robots to some of the countries added to the world with the analysis of the potential of risks in a multi-aspect context, (2017), (S.R), (h, m, l-risk)

Country	Risk	2014	Risk	2015	Risk	2016*	Risk	2019*
America	h	32,616	h	38,134	h	40,200	h	50,700
Brazil	m	1,266	m	1,407	m	1,800	h	3,500
North America		31,029	h	36,444	h	38,000	h	46,000
Rest of South America	l	321	l	283	l	400	m	1,200
Asia/Australia	h	134,444	h	160,558	h	190,200	h	285,700
China	h	57,096	h	68,556	h	90,000	h	160,000
India	h	2,126	h	2,065	h	2,600	h	6,000
Japan	h	29,297	h	35,023	h	38,000	h	43,000
Republic of Korea	h	24,721	h	38,285	h	40,000	h	46,000
Taiwan	m	6,912	h	7,200	h	9,000	h	13,000
Thailand	m	3,657	m	2,556	m	3,000	m	4,500
other Asia/Australia	h	10,635	h	6,873	h	7,600	h	13,200
Europe	h	45,559	h	50,073	h	54,200	h	68,800
Central/Eastern Europe	h	4,643	h	5,976	h	7,550	h	11,300
France	h	2,944	h	3,045	h	3,300	h	4,500
Germany	h	20,051	h	20,105	h	21,000	h	25,000
Italy	h	6,215	h	6,657	h	7,200	h	9,000
Spain	h	2,312	h	3,766	h	4,100	h	5,100
United Kingdom	h	2,094	m	1,645	m	1,800	h	2,500
other Europe	h	7,300	h	8,879	h	9,250	h	11,400
Africa	l	428	l	348	l	400	l	800
not specified by countries**	h	7,524	h	4,635	h	5,000	h	8,000
Total	h	220,571	h	253,748	h	290,000	h	414,000

As it is predicted even partial to complete association of robots and even their assimilation with man, it even more gives weight to the configuration of the answer to the question asked. The paper analyzes the risk of the basic process parameters of robotics in the life cycle, and opens only some of the dilemmas that arise or may arise. In this case, the risk analysis may be partial problem oriented to every aspect, especially in the opinion of the author, I would not be good access. Only a complete analysis of the set of all aspects in the context of risk gives the opportunity for the ability to configure the initial responses to the subject matter of robotics with appropriate time and the achieved level of development of the same. It is estimated that with the evolution of

robotics, other types of artificial intelligence products will evolve from the point of view of the analytical approach, which in no way can challenge the authenticity of the need for risk analysis for problems that can arise now and can always be said in the near and further future development of robots and artificial intelligence.

Table 1 presents a common analysis of the disposition and sale of robots in the world taking into account all the realities and relationships that correlate them with the levels of risk thresholds that, depending on the observed sequential perceptions of logic, can be realistically generated and represent important information for man what in such situations to undertake what kind of activities, first and foremost, from the aspect of security, to make improvements which would be necessary in such circumstances. Figure 4 gives an overview of the trends in the growth of delivery and the sale of more dedicated robots for some of the most developed countries in the world, [1], [16] to [20].

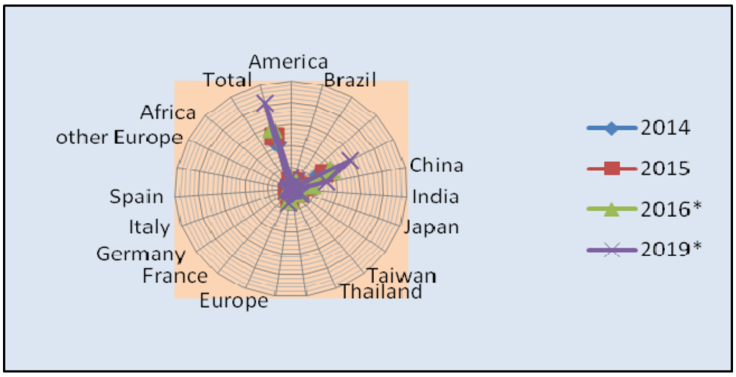


Figure 4 (2017), (S.R.)

3 Conclusion

Artificial intelligence is becoming more and more present in everyday life and work at all levels. It encourages a very constructive polemic in the scientific and professional public. While one contests the development of this science and warns of the negative consequences, others are precisely seeing great progress in humanity. Those who warn of the negative consequences are afraid that mankind will make machines that will destroy it. They predict that a man will become a slave and will serve robots, or that robots at a certain level of development will rebel against man. Others state that it will not come to this, on the contrary, that robots will serve people and deepens the human development of robotics.

Scientific predictions range from pessimistic to extremely optimistic. But all of these predictions are still far from the undeniably very close reality.

The undeniable fact is that artificial intelligence and robotics are increasingly conquering almost all the world's spaces in any area of life and work of man. There are also examples of the very explicit character of the application of robotics in mining. Even to the level that the entire mine is automated and managed by the aforementioned intelligent and intelligent resources. In the Republic of Serbia, there are examples of the application of artificial intelligence and robotics in some of the activities of various industries, but also in non-industrial formats.

The risk analysis of the robot distribution lifecycle in the world displays explicitly high risk thresholds for which very complex responses need to be configured primarily in the zone of realities and relationships in case of possible practical operationalization of those that are already deeply in progress. In the scientific and professional public, the obligation of further development of robotics and robots in the near and future future is more closely reflected in very complex realizations, transmutation and implementation formats.

References

1. Internal documentation of the EPS, Kolubara Mining Basin, Lazarevac, Serbia (2016/2017)
2. www.epa.gov, (Internet References), (25.9.2017)
3. http://www.universal-robots.com/casestories/paradigm-electronics/, (Internet References), (25.9.2017)
4. www.worldrobotics.org/, (Internet References), (25.9.2017)
5. http://www.delfi.rs/knjige/autor/6072_isak_asimov_delfi, (Internet References), (25.9.2017)
6. Radosavljević S., Ille N.,.Dašić P., Radosavljević M.: Possibility managed by technical systems in mining with artificial intelligence and robotics with risk analyzes, 17th International Conference, Research and Development in Mechanical Industy, RaDMI-2017, Zlatibor, September, 2017, pp. 73-87
7. Radosavljević S., Ille N., Dašić P., Radosavljević M., Radosavljević J.: Application of welding retails on technical systems in mining and risk, 17th International Conference, Research and Development in Mechanical Industy, RaDMI-2017, Zlatibor, September, 2017, pp. 173-186
8. http://www.capital.ba/tag/klaus-svab/, (Internet References), (25.9.2017)

9. https://www.weforum.org/, (Internet References), (25.9.2017)
10. https://www.nopromat.si/robotizacija.html, (Internet References), (25.9.2017)
11. www.gdeinvestirati.com. (Internet References), (25.9.2017)
12. http://www.designsafe.com, design safety engineering, inc. Risk Assessment Software, Ann Arbor, MI USA. (Internet References), (25.9.2017)
13. Main W. B., Cloutier R. D., Manuele A. F., Bloswick S. D.: Risk assessment for maintenance work. Working Paper. Arbor (Michigan - USA): Design Safety Engineering Inc., 2005. pp. 81
14. Main R. W. B.: Risk Assessment challenges and oportunities, Working Paper. Arbor (Michigan - USA): (2015), pp. 231.
15. Radosavljević S.; Lilić N.; Ćurčić S., Radosavljević M.: Risk assessment and managing technical systems in case of mining industry. Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering, Vol. 55, No. 2 (2009), pp. 119-130. ISSN 0039-2480
16. Radosavljević S. and Radosavljević M.: Risk assessment in mining industry - Apply management, Serbian Journal of Management, Vol. 4, No. 1 (2009), pp. 91-104. ISSN 1452-4864
17. Long-term development of Kolubara the 2020th year, EPS, 2000th
18. Karadžić R.; Vešović, V., Radosavljević S., Derdemez I.: Aircraft maintenance designing and operational availability, Metalurgia International, Vol. 18, No. 7 (2013), pp. 61-66. ISSN 1582-2214
19. Radosavljević S., Dašić P., Radosavljević M.: Appendix specifics of risk management in mining, Metalurgia International, Vol. 18, Special Issue No. 8 (2013), pp. 59-68. ISSN 1582-2214
20. Radosavljević S., Dašić P., Radosavljević M.: Individual maintenance engineering in energy and mining-based of risk, Metalurgia International, Vol. 18, No. 6 (2013), pp. 79-86. ISSN 1582-2214

ROBOTIZATION AND ROBOTICS, PRACTICE OF MINING IN MINING WITH RISK ANALYZES

ROBOTIZACIJA I ROBOTI, PRAKTIKUM PRIMENE U RUDARSTVU SA ANALIZOM RIZIKA

Radosavljević S..[1], Ille N.[2] Radosavljević M.[3], Radosavljević J.[4]

Abstract

It is very indicative that individual processes in mining and complete process units can be automated to the extent that almost all necessary activities can be performed by robots. Already today in the world there are fully automated mines in which the jobs are fully automated, and all jobs are performed by robots. There are also cases where very specific jobs on different application formats of technical systems are also performed by robots (example welding). Welding processes that consist of many repeat jobs on Similar parts are quite suitable for automation. Basically, the number and type of parts to be welded decide whether the welding process will be specifically automated or not.

Mining operations just perpetuate the mentioned categorical variables, and in this context, it is possible to raise the question, above all, of the possibility of applying the automation of welding in such an environment, the potential risks arising therefrom, and the economic

[1] Dr Radosavljević Slobodan, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak RB Kolubara
[2] Ille Nikola, The Wolrd Bank, Belgrade
[3] Radosavljević Milan, City Municipality of Lazarevac, Lazarevac
[4] Radosavljević Jovana, City Municipality of Lazarevac, Lazarevac

viability of the eventual application. The undeniable fact is that robots are suitable for repeat jobs or similar parts that require more than one axis to weld or where access to parts is difficult. Whether it's time to make a shift in research primarily about the context of adjusting robotics and directing it to welding in all types of jobs, on all component units to the level of individual and unrepeatable business activities on components of technical systems in mining, at the location of the production process in the environment of micro location attributes to extremely unfavorable working conditions.

The paper presents a hypothetical question primarily for this kind of welding work, taking into account the format of the respectability of potential risks and the ultimate economic consequences arising therefrom.

Keywords**:** Artificial intelligence, robotics, robot, welding, risk, mining

Apstrakt

Veoma je indikativno da se pojedni procesi u rudarstvu pa i kompletne procesne celine mogu automatizovati do te mere da gotovo sve potrebne aktivnosti mogu obavljati roboti. Već danas u svetu postoje potpuno automatizovani rudnici u kojima su poslovi potpuno automatizovani, a sve poslove obavljaju roboti. Postoje i primeri gde veoma specifične poslove na različitim aplikativnim formatima tehničkih sistema isto tako obavljaju roboti, (primer zavarivanje). Procesi zavarivanja koji se sastoje od mnogo ponovljivih poslova na sličnim delovima su dosta pogodni za automatizaciju. U osnovi broj i vrsta delova koji treba da se zavare, odlučuje da li će se proces zavarivanja konkretno automatizovati ili ne.

Poslovi u rudarstvu upravo perferiraju navedene kategorijalne varijable te se u tom kontekstu može postaviti pitanje pre svega mogućnosti primene automatizacije zavarivanja u takvom okruženju, potencijalnih rizika koji iz toga proizilaze, kao i ekonomske isplativosti eventualne primene. Nesporna činjenica je da su roboti pogodni za ponovljive poslove ili slične delove koji zahtevaju više od jedne ose da bi se zavarili ili gde je pristup delovima težak. Da li je vreme napraviti zaokret u istraživanju pre svega o kontekstu prilagođavanja robotike i usmeravanja iste ka zavarivanju u svim vrstama poslova, na svim komponentnim jedinicama do nivoa pojedinačnih i neponovljivih poslovnih aktivnosti na komponentama tehničkih sistema u rudarstvu, na lokaciji proizvodnog procesa u okruženju mikro lokacijskih atributa do krajnje ne konfornih uslova za rad.

U radu se postavlja hipotetičko pitanje prvenstveno za takvu vrstu poslova zavarivanja, pri tom uzimajući u obzir format respektabinosti

potencijalnih rizika i u krajnjem ekonomskih koji iz toga proizilaze.

Ključne reči**:** Veštačka inteligencija, robotizacija, robot, zavarivanje, rizik, rudarstvo

1 Introduction

Some of the advantages of automated welding compared to manual are precision and productivity. Robotic welding improves wet repeatability. When the robot is programmed with a high-quality program code and a coded program card, the robot will perform precise, fully identical welds each time on parts of the same dimensions and specifications regardless of the number of times the repetition of the activity. Automated pistol movements reduce the potential error, which means reducing waste and rewinding. Robot welding can be achieved and greatly increase the productivity of work compared to conventional welding by a man. The robot not only works faster than a human, it can work 24 hours a day, 365 days a year without interruption, which is much more efficient than manual welding, provided it is fully equipped and all the attributes are set in the optimum format. Another very important benefit of automated welding is lower labor costs. Robotic welding undoubtedly eliminates the risk of injury, shifting the operator away from harmful vapors and molten metals near the safe harbor. The question of potential risk thresholds in the subject context can also be raised here (and is this the path towards zero risk or the path towards maximizing the minimization of all potential risks)? Most manufacturing welding processes can be used in automated applications.

The most popular GMAW process is a full wire (80% of applications). This process is best for most large-scale production companies because it does not require welding after welding. So everywhere is talked about when the work of the robot is in question, as well as on welding jobs on big production, and it is not questioned what to do with small production whether it is going to develop application formats for the work of robots, how to permeate the volume of potential risks and how such jobs to make it economically rational, efficient and cost-effective? And precisely this type of work is occurring in mining, primarily in the maintenance system. A very clear problem framework is posed as a hypothetical question. Is this idea the next step in the development of artificial intelligence of robotics or a future for welding jobs, especially in the presented circumstances and conditions, when it comes to technical systems on surface mining of coal in mining?, [1], [2].

2 Robotization of electric power welding in mining

Robotic equipment performs and controls the robotic welding process. Equipment for automatic arc welding is designed differently from manual welding equipment. Automatic arc welding consists of heavy high-repetitive cycles and welding equipment that must be able to operate under such conditions. In addition, the equipment must have characteristics and controls for the interface with the main control system. In order to perform arc welding, a special type of electricity is required. The welding machine, known as the "power source", is the source of this special energy. All welding processes use an arc welding gun to transfer the welding current from the welding cable to the electrode. The gun also protects the air from the atmosphere. The tip of the pistol is close to the weld and is particularly prone to welding. The pistol cleaner is usually used in the arc welding system to remove the precipitate. All continuous wired arc processes require a wire feeder to add electrode-wire in the arc. The positioners and manipulators of the parts hold and position the parts to ensure precise robotic welding. The robot cell's productivity can be increased by means of an automatic rotary positioner, so that the operator can place the parts while the robot welds. In order to be able to guarantee that the tip of the electrode and the coordinate system of the tools are precise in interaction, it is important to calibrate the TCP process (Tool Center Point). The TCP calibration device performs this task for a very long time.

The arms and arms of the first robots worked pneumatically (using air) or hydraulically (using fluid pressure). Flexible tubes carried substances under pressure to the axis. Now, electric motors located in the axes allow the robot to be more precise and controlled, but also to slow down the movements. Most robots are equipped with one hand and one hand with a few articulated joints or axles. Some of the axes rotate so that their arches imitate movements of the human shoulder, wrist, and elbow. Other robots move straight, like a crane. Robots are grouped according to the combination of axes used in the construction.

There are five different types of robotic arms used today. The degrees of freedom are the axes around which the robots move freely. The space the robot can handle is the robot's work space. Quarterly hands are sometimes referred to as "Cartesian" because the axes of a robot can be described by using X, Y, and Z of the coronary system. It is believed that such a design will produce the most precise movements. The cylinder arm also has three degrees of freedom, but it only moves linear along Y and Z axis. The third degree of freedom is the rotation of the base about

two axes. The working space is in the shape of a cylinder. The spherical arm, also known as the polar coordinate robotic arm, has one sliding motion and two rotations (around the vertical pillar and around the shoulder axis). Sphere workspace hands are half spheres that have different because of SCARA (Selection Complience Assembly Robo Arm) is also known as the horizontal articulated robotic arm. Some SCARA robots rotate around all three axes, and some also have sliding movements along one axis in combination with rotation around the other. The most recent robot is designed as a fused arm, known as the articulated arm. The arm has a body, shoulder, upper arm, forearm and ankle. All parts in the hand can rotate, creating six degrees of freedom. Three degrees are X, Y and Z axes. The other three are throwing, twisting and turning. Throwing is when the wrist moves up and down. The curling is when the arm moves left and right. Turning is rotating the entire forearm, [1], [2] to [5].

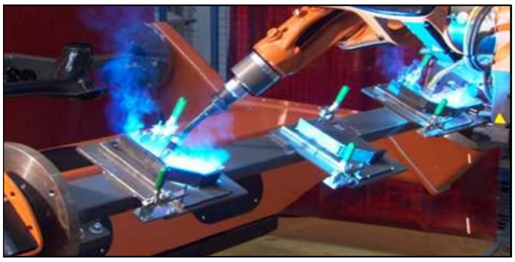


Figure 1 (2017)

Figure 1 shows the representation of electro-welding of individual components in which the robot is carried out in the workspace and in the radonic conditions of the environment. During a short time for which industrial welding robots Used, the robot arm is far more polarized. For welding, robotic arm has replaced almost all other types besides gantry robots, which are used for a lot large and very small robots. The main reason for the popularity of the robotic arm is therefore which allows the manipulation of the welding gun in the same way as it would the man did it. The welding angle and the angle of the road can be changed to be provided quality welding in all positions. The robotic arm allows arcane welding in places that are inaccessible or difficult to reach.

Although the robot does not can perform identical manipulative movements like a man, the robot arm is very much close to it. In addition, the robot arm is the most compact and has the largest working environment relative to its size. Usually, robots have five or six axes for

free programming. A robot can successively move a gun to any location and position against the welding seam. It can also repeat programmed schedules welding. The manually welding operator is not able to secure good as a robot because of the weight of the pistol and the monotony of the job. Spot welding robots should have six or more axes and should they would be able to get points in a random field from every angle. That allows the flexibility of the gun position to perform welding. Some positions that are strange to operators, such as welding upside down (bottom), are easy tasks for a robot, [1], [2], [6] to [10].

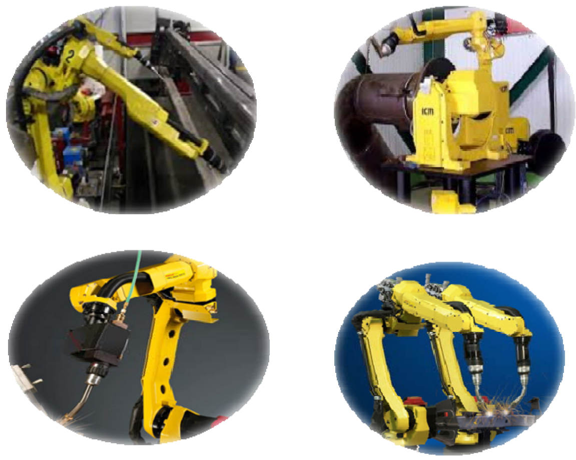


Figure 2 (2017)

Figure 2 shows the robotic arm's view for electro-arc welding of the latest generations for radionic conditions in the conditions of the workshop environment. To successfully compile parts in robotic applications, parts must be complex precisely and tightly adhered in one place during welding. It means that special attention should be paid to designing the stack and tools that will Keep the parts straight. Tools must provide quick and easy setup, and they must firmly hold the parts in place until the parts are welded. Also, tools for Compliance must provide a welding gun access to each point for welding. Although special positioners provide more options and improve opportunities robotic systems, the starting point for positioning the robot parts welding can be a tread used for manual welding. Useful The working environment of the robot is limited because the way the gun is for Welding set does not allow the gun to come to the place of welding properly. Special positioners eliminate some of these limitations by making jobs more accessible to the

welding gun. Positioners used with robots must be more precise than those used for manual or semi-automatic welding. In addition, the robot controller must be able to control the positioner and the positioner controls must to be compatible with those of robots. This allows simultaneous, coordinated movement of several axes at the same time during welding. Setting and removing it on fixed clamps or positioners may require A lot of time is not practical. It's often much more effective to use two or more more fixed stitches on the rotating positioner, although the starting price is more expensive. On the For example, an operator can place parts on a rotating table while the robot welds in same time. Obviously, this speeds up the process and forces the robot to it insures as much as possible.

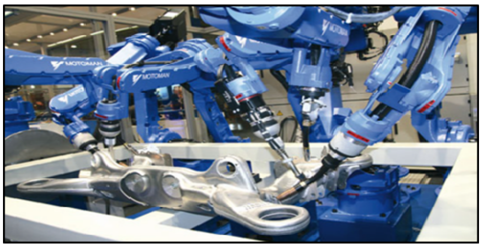


Figure 3 (2017)

Figure 3 gives an overview of arc welding performed by the robot in the conditions of production practice at the site of the technical mining system and in the ideal conditions of the workshop space and the environment in it on the components of mining equipment, [10] to [12].

3 Robot and mining

For mining, the total working time of technical systems in surface exploitation of coal is very important. The time of non-cancellation of all engaged systems is imposed as an imperative considering the given strategic positions and parameters of the system in the total electricity balance of the Republic of Serbia. The user of each technical system requires a non-cancellation condition of the same. From the aspect of maintenance, this is a too rigorous request. The holders of such systems must at any time have answers to any possible delays that occur during the operation of the system. The goal is to minimize the time of the standstill, ie to relieve the reliability of the system in operation to the highest possible level.

Despite all the efforts of technical system maintainers, the

conditions in which the technical systems in mining work operate are such that very often despite regular maintenance and maintenance works, there are various destructions due to variable voltage conditions, due to the very complex conditions in the operation of the system in the process of coal mining or tailings mass. This is manifested through the failure of individual components of the system to breaks, cracking, bending of screwing, wear, and more. In such circumstances, it is necessary to react quickly and adequately to the faults as soon as possible. The great significance and share of the team's activities has arc welding. Given the complexity and complexity of the conditions in which it is performed, it is necessary that the quality of the welded joint is almost perfectly realized in order to satisfy all the stress condition criteria arising from the welding activity and in order to normalize and disperse the aggregate unit itself on which the procedure is performed. These are extremely difficult tasks in the production of welded joints, especially in non-accessible or hard-to-reach places. There is a need for the use of smaller robots that can, at the location of the technical system, perform arc welding, quality, quick and as much as possible when the economic parameters are in question.

At today's level of development, automation, artificial intelligence and robotics, this is quite possible, and it is the opinion of the scientific and professional public that it will not take too long to implement such ideas in the production practice of not only mining, but also other industries, both outside the industrial poles and others activities. The idea is especially interesting to maintainers for predictive maintenance whether we can control systems for the expected part of the life cycle of complex technical systems in mining in their maintenance phase or not. The answer to this question is checking through software systems working to simulate real parameters including data reliability of their components. All components of the technical systems in mining are degraded according to the external conditions of various influences and the environment as well as the boundary conditions. Therefore, we can conclude that the reaction of the system differs with the time variant parameters, although they are slowly changing. We can assume that parameters such as (generally stiffness) degrade into 3 types (linear, exponential, inverse power). They are the main types of samples with accelerated reliability. It is interesting to analyze separately what is happening with different types of degraded stiffness values in formatted units of technical systems. Although it is difficult to predict the exact duration of the complete life cycle of complex technical systems, it is possible to guarantee the expected reliability of the system with the given

rate of degradation risk.

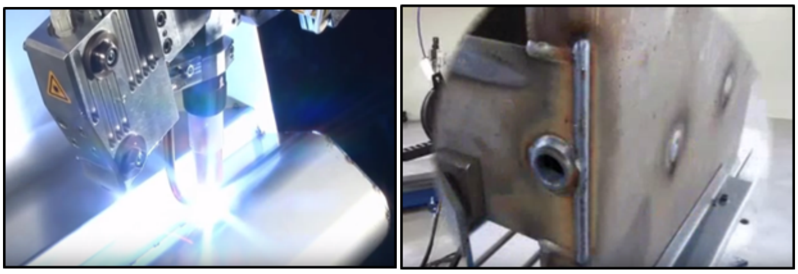


Figure 4 (2017)

Figure 4 shows an arc welding of a welded profile profile on a component in mining which was executed by a robot in a mobile mobile workshop at the site of the technical system. Risk analysis in the context of cascading would be carried overly in the direction of a more complex examination of characteristic cases of direct interaction on the human-robot reality, and then the consideration of all other macro and quiet details in the process of the mere execution of the activity of arc worming:

1. The robot works independently without the direct involvement of a man;
2. A robot works next to a man, without sharing a job and a work assignment;
3. The robot and the man are team-working;

In the risk analysis, the first step is to make a parallel of all intersections on the human-robot line when it comes to arc welding. It is then necessary to make a comparison of all the activities in this process with an assessment of the risk index of each co-position/activity, which is possibly possible or which will eventually occur with high probability. It is very important to note that it is rare to find analiya of technical rustics when it comes to electro-lingering. It is generally perceived as a risk analysis for the aspect of human health and safety at the workplace. Here we come to the whole new situation where this kind of risk is less necessary, but the emphasis is on looking at all the parameters of a technical type of risk, which must be quality, professional, comprehensive and positioned precisely on contemporary approaches and methods, with modern tools available to scientists of mining.

Diagram 1 Analysis of the risk of all interactions in human-robot relations when performing arc welding in some sequence sequences, (2017, S.R.)

Basic Laws of Robotics	Risk +	Risk -	A partial risk	Total risk threshold					
The robot works independently without the direct involvement of a man	Yes	Yes	Risk probability 81% high risk H	100	117	121	135	167	189
				201	235	257	281	311	398
				510	537	589	594	610	937
A robot works next to a man, without sharing a job and a work assignment	Yes	Yes	Risk probability 93% high risk H	140	149	156	163	172	192
				207	239	259	286	321	400
				521	543	598	617	682	991
The robot and the man are working team	Yes	Yes	Risk probability 99% High Risk H	147	153	159	172	179	199
				210	243	267	291	347	400
				551	597	678	836	957	1413

Table 1 shows the representation of interactions on the human-robot line in the execution of electric arc welding from the aspect of the assessment of risk thresholds. In Diagram 1, an analytical approach to risk analysis of all interactions in human-robot relations in the execution of arc welding in some sequences of mining. Designing special accessories and making a welding plan is a highly complex engineering task. Robotic arc welding requires the application of complex sensor systems and adaptive algorithms to compensate for geometric errors. We can say that Robot is the man's assistant! Robots can not work without a man! A man is always in direct or indirect interaction with a robot robot executes his commands. The interaction between man and robot can be physical cognitive, [1], [2], [6], [13] to [16]. **4 CONCLUSION**

Table 1 Demonstration of a human-robot robotic relationship in arc welding from the aspect of the assessment of threshold levels of risk level, (2017)

Man	Robot
• The only one is capable of performing the tasks for which it is sought (**thinking, planning, creativity, imagination** ..)....!	• Work **faster and more** • **precisely**
	• Not sensitive to unsuitable and hazardous conditions (**high and low temperature, radiation, poisons...)**
	• They do not get tired **of heavy or monotonous** jobs, but they work as long as they get energy

4 Conclusion

Welding is a multidisciplinary technology that is based on a set of formal theories in the field of metallurgy, electrical engineering, mechanical engineering and related scientific disciplines. In order to fully understand the welding process, research is very important in areas that interpret the reason for which a rule has been created and related to the welding area. It can be concluded that welding today is one of the key technologies and has a continuous expansion of development. It remains for the scientific and professional public to continue developing the process of welding to automation, artificial intelligence and robotics for all business segments, as well as for business activities that are of a single character and in principle not typical. As the development of robotics is inconceivable, it is expected that in the near future, all the elements and ideas stated in the paper will be practically implemented in the mining industry's production practices for the maintenance and development of technical systems used in this industry of the Republic of Serbia.

References

1. Internal documentation of the EPS, Kolubara Mining Basin, Lazarevac, Republic of Serbia (2016/2017)
2. www.designsafe.com, design safety engineering, inc. Risk Assessment Software, Ann Arbor, MI USA, (Internet References 9.8.2017)
3. https://www.logismarket.es/fanuc-robotics/robot-de-soldadura/1043880242-814666359-p.html, (Internet References), (19.9.2017)
4. https://www.nopromat.si/robotizacija.html, (Internet References), (19.9.2017)

5. Pires J.: Robot-by-voice: Experiments on commanding an industrial robot using the human voice, ndustrial Robot, An International Journal, Vol. 32, 2005
6. www.desingsafe.com, (Author of software: Bruce W. Mein, Design Safe Ingenering, Michigan, USA), (Internet References 09.08.2017)
7. Main R. W. B.: Risk Assessment challenges and oportunities, Working Paper, Arbor (Michigan - USA): (2015), pp. 178
8. https:// industrial robot.com/, (Internet References 09.08.2017)
9. Rambabu D. R., Nagaraju B.: Venkatesh, Speech Recognition of Industrial Robot, International journal of computational mathematical ideas, Vol. 3, 2011

PRIKAZ REZULTATA OSNOVNIH LABORATORIJSKIH ISTRAŽIVANJA SADRŽAJA HEMIJSKIH ELEMENATA I i II GRUPE ZAGAĐIVAČA ŽIVOTNE SREDINE U UGLJU, PEPELU I PRATEĆIM SEDIMENTIMA NA POVRŠINSKOM KOPU DRMNO U 2016. GODINI

REVIEW OF RESULTS OF BASIC LABORATORY TESTS OF THE CONTENTS OF CHEMICAL ELEMENTS FIRST AND SECOND GROUP OF CONTAMINANTS IN COAL, ASH AND OTHER SEDIMENTS ON OPEN CAST MINE DRMNO IN 2016

Savić D.[1], Živković D.[2] Milošević D.[3], Nikolić D.[4],

Apstrakt

Nedovoljna geološka istraženost ležišta i poznavanje kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika uglja i pratećih sedimenata u ležištu, bili su osnova za izvođenje geoloških istraživanja na površinskom kopu Drmno u prethodnom periodu. Cilj projektovanih i izvedenih istražnih radova, kojima priprada i etapa istraživanja i ispitivanja u periodu 2016. - 2017. godina, je da da konačnu i jasnu sliku ugljonosnosti i prirodnih uslova u ležištu Drmno koja je neophodna za aktuelna sveobuhvatna strateška planiranja (izradu detaljne projektne i tehničke dokumentacije iz oblasti rudarstva i ostalih srodnih disciplina).

Prisustvo i sadržaji hemijskih elemenata iz prve grupe zagađivača

[1] Savić Dragana, Geoing Group, Beograd
[2] Živković Dejan, Geoing Group, Beograd
[3] Milošević Dejan, Geoing Group, Beograd
[4] Nikolić Dejan, Geoing Group, Beograd

(Cu^2, Pb^2, Cd^2, V^1, Zn^2, Hg^3, As^1, Cr^1, Mo^1, Ni^2, Se^2) kao i hemijskih elemenata iz druge grupe zagađivača životne sredine (Ba^1, Be^2, B^4, Co^1, Mn^1, U^1, Th^1, Br^1, Cl^1) u uglju, pepelu i ostalim mineralnim sirovinama na površinskom kopu Drmno nisu poznati, te se ovaj vid istraživanja i ispitivanja može smatrati osnovnim. Detaljnom analizom i sintezom dobijenih podataka moguće je nakon realizovanih istraživanja/ispitivanja izvršiti ekološku karakterizaciju uglja, pepela, međuslojne, krovinske i podinske jalovine, šljunka, peska, gline i humusa.

Ključne reči: Geološka istraživanja, životna sredina, prava i druga grupa zagađivača, ekološka karakterizacija

Abstract

Insufficient geological prospecting and knowledge of quantitative and qualitative characteristics of coal and associated sediments in the mineral deposit, were the basis for geological research in the opencast mine Drmno in the previous period. The aim of designed and carried out research works, which belongs stages of research and testing in the period 2016 - 2017 is to provide a clear picture of coal bearing and natural conditions in the mineral deposit Drmno which is necessary for the current comprehensive strategic planning (preparation of detailed design and technical documentation of the mining industry and other related disciplines).

The presence and content of chemical elements from the first group of contaminants (Cu^2, Pb^2, Cd^2, V^1, Zn^2, Hg^3, As^1, Cr^1, Mo^1, Ni^2, Se^2) and chemical elements of the second group of environmental pollutants (Ba^1, Be^2, B^4, Co^1, Mn^1, U^1, Th^1, Br^1, Cl^1) in coal, ash and other mineral resources in the open cast mine Drmno are not known, and this kind of research and investigation can be considered basic. A detailed analysis and synthesis of the received data after it is possible to realized research/testing carried out ecological characterization of coal, ash, interlayer, and floor overlying slag, gravel, sand, clay and humus.

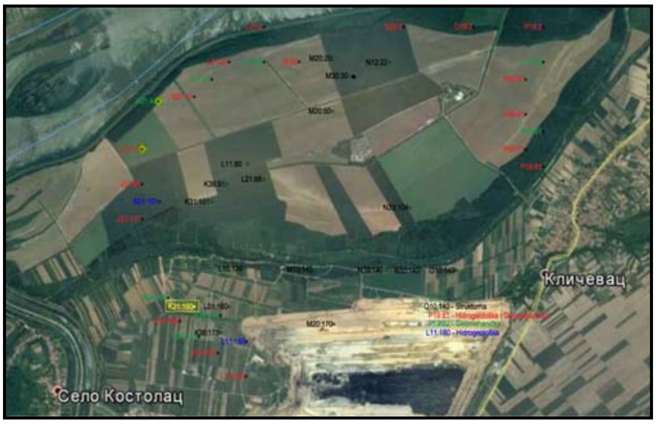
Key words: Geological exploration, environmental, first and second group of contaminants, ecological characterization

1. Uvod

Cilj projektovanih i izvedenih istražnih radova, kojima pripada i etapa istraživanja u 2016. godini je da potvrdi ugljonosnost celog prostora ležišta Drmno, sa prirodnim odnosima koji vladaju u ovom ležištu.

Sa aspekta istraživanja mineralne sirovine, ležište je istraživano u

okviru konture projektovanog površinskog kopa, odnosno sa manjim brojem bušotina u neposrednom okruženju zbog prekategorizacije i proračuna rudnih rezervi (Slika 1). Sa geotehničkog aspekta, u potpunosti je iskorišćen istražni prostor i bušotine koje su projektovane za prekategorizaciju rudnih rezervi. Dodatno povećanje geotehničkog istražnog prostora je u zonama završnih kosina budućeg površinskog kopa. Sa aspekta hidrogeologije takođe je istraživan prostor ležišta ali i njegovo bliže okruženje u cilju utvrđivanja hidrogeoloških i hidroloških karakteristika i utvrđivanja njihove međusobne povezanosti i uticaja.



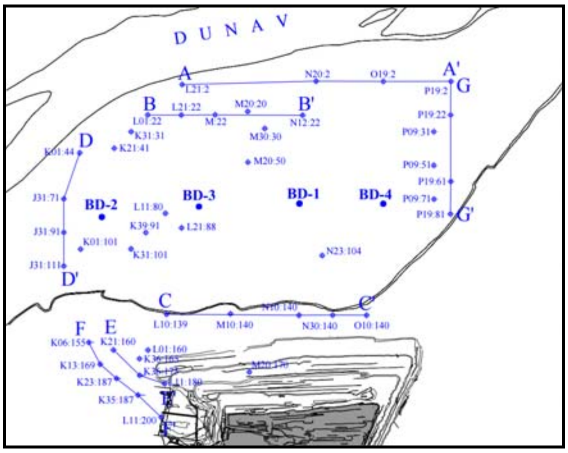
Slika 1. Istražni prostor i kontura površinskog kopa Drmno

U cilju dobijanja odgovarajućih parametara potencijalnih zagađivača, iz višenamenskih istražnih bušotina koje je izvelo preduzeće Geoing Group iz Beograda, uzeti su uzorci stenske mase za odgovarajuća laboratorijska ispitivanja zaštite životne sredine i obradivog zemljišta [5]. Iz dosadašnjih skromnih ispitivanja zapaženo je prisustvo teških minerala u sedimentnim sredinama, čije je primarno poreklo iz magmatskih i metamorfnih paleozojskih stena bližih i daljih obodnih delova kostolačkog sedimentacionog basena, koji su predstavljali područje spiranja.

2. Geološke karakteristike ležišta

Ležište Drmno ima generalno pločast oblik i izgrađuju ga dva ugljena sloja označena kao III (stariji i dublji) i II (plići) ugljeni sloj koji se javlja severozapadno od površinskog kopa (PK) Drmno. U krajnjem severozapadnom delu ležišta prostire se I ugljeni sloj, koji obuhvata malu površinu (oko 4 km^2).

Interpretacija terena koji je obuhvaćen istraživanjima u 2016. godini prikazana je na sedam geoloških profila razmere H/V = 1:2000/1000 [5]. Tri geološka profila A-A’, B-B’ i C-C’ imaju orijentaciju zapad-istok, dva geološka profila D-D’ i G-G’ povezuju izvedene istražne radove pravca sever - jug, dok je severozapadni deo istražnog prostora prikazan preko dva izlomljena profila E-E’ i F-F’ (Slika 2).



Slika 2. Položaj geoloških profila na kojima je prikazana interpretacija terena koji je obuhvaćen istraživanjima u 2016. godini

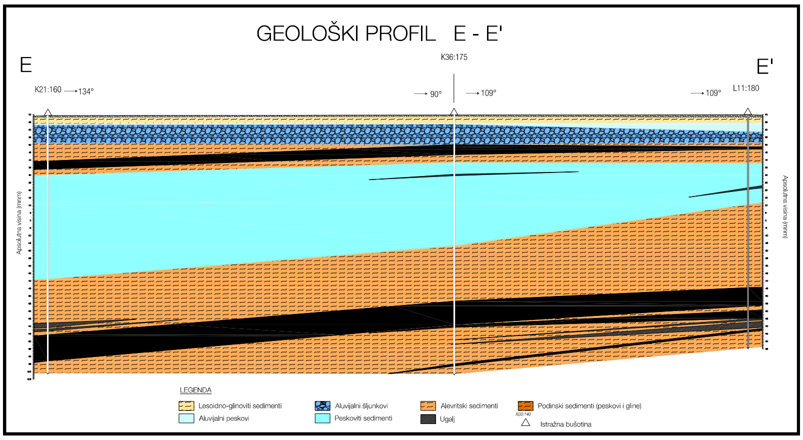
2.1. Dubine zaleganja ugljenih slojeva i morfološke karakteristike

2.1.1. *III ugljeni sloj*

III ugljeni sloj nataložen je preko glinovito-peskovitih sedimenata i postojan je na čitavom području ležišta Drmno. U zapadnom, severozapadnom i jugozapadnom delu Kostolačkog ugljonosnog basena, III sloj se postepeno raslojava, da bi na području ležišta Ćirikovac nastavak III ugljenog sloja bio potpuno raslojen na 3 banka. Na severu ugljeni sloj tone ispod Dunava i prelazi u južni Banat odnosno Kovinski basen. Prirodno isklinjavanje ugljenog sloja je utvrđeno delom u severoistočnom, zatim u istočnom i južnom delu ležišta. Zona isklinjenja III ugljenog sloja interpretirana je na geološkom profilu G-G’ gde se ovaj ugljeni sloj javlja u tragovima, debljine do 1,40 m i čestoj smeni sa glinom tamnomrkom do zelenom, visokoplastičnom, lako gnječivom sa mestimičnim uklopcima uglja. Ugljeni sloj postepeno tone ka severu, odnosno severozapadu, pod uglom od 3° do 5°.

Vertikalno rastojanje između III i II sloja, takođe se povećava ka severozapadu. Ova dva sloja, u oblasti sela Ćirikovac, čine jednu celinu, da bi rastojanje između njih na zapadu dostiglo nekoliko desetina metara. Najveće rastojanje između ugljenih slojeva uočavamo na profilu C-C' kod bušotine L10:139 (98,60 m), na profilu E-E' kod bušotine K21:160 (102,35 m) i profilu F-F' kod bušotine K06:155 gde ovo rastojanje iznosi 97,25 m. Pri tome u povlati III sloja su prašinasto-peskovite tvorevine, koje u hipsometrijski višim delovima prelaze u peskovitu i ugljevitu glinu (Slika 3).

Debljina i broj jalovih proslojaka u okviru ugljenog sloja je promenljiva. Najveće raslojavanje se javlja u severozapadnom delu istražnog prostora na bušotini K13:169 (Profil F-F') i L11:180 (Profil E-E'). U domenu ovih bušotina ugalj je u proslojavanju sa višemetarskim proslojcima ugljene prašine i ugljevite gline. Pojava III ugljenog sloja u ovim bušotinama je na dubinama od 114,15-143,40 m (L11:180) do 142,00-179,00 m (K13:169).



Slika 3. Geološki profil E-E

2.1.2. II ugljeni sloj

II ugljeni sloj prostire se u severozapadnom delu terena i paralelan je trećem ugljenom sloju, ali nepravilno razvijen i delimično erodovan i ustupa mesto serijama glina. II ugljeni sloj, kao i III, raslojava se, pri čemu su najveće debljine međuslojne jalovine u području arheološkog nalazišta Viminacijum i predstavljene su glinama i ugljevitim glinama.

Raslojavanje II ugljenog sloja možemo pratiti duž profila A-A' i B-B' gde je ugljeni sloj raslojen peskovito-prašinastim sivozelenim

sedimentima. Drugi ugljeni sloj pratimo i na profilu E-E' gde je promenljive debljine, od 1,55 m u bušotini L11:180 do 7,0 m u bušotini K36:175.

U području ležišta predviđenom za eksploataciju, debljina gline i ugljevite gline u okviru II sloja kreće se od 0,7 do 1,3 m pri čemu su i debljine uglja u istom delu ležišta male.

2.1.3. I ugljeni sloj

I ugljeni sloj je definisan u krajnjem severnom i severozapadnom delu ležišta. Paralelan je sa II i III ugljenim slojem. Pojavu ovog ugljenog sloja pratimo duž profila D-D' pravca sever-jug i profila B-B' pravca zapad-istok. Ovaj ugljeni sloj kartiran je u istražnim bušotinama J31:71, J31:91, J31:111, L01:22 i L21:22. Direktan kontakt sa kvartarnim sedimentima registrovan je u bušotinama J31:111 i L21:22. U navedenim istražnim bušotinama debljina ugljenog sloja se kreće od < 0,50 m u bušotini J31:71 do 4,25 m u bušotini J31:111.

Najviša kota povlate I ugljenog sloja, registrovana u bušotinama iz 2016. godine, je u bušotini J31:111 i iznosi 50,90 m.

2.2. Jalovinske naslage

U neposrednoj podini III ugljenog sloja su naslage peska i gline sive i crne boje (kada sadrže organsku materiju), a u okviru ovih slojeva pojavljuju se pojedinačna sočiva i proslojci uglja.

Krovinu III ugljenog sloja izgrađuje pesak sa proslojcima ugljevite, peskovite i laporovite gline, alevrita i uglja. Debljina ovog paketa je promenljiva. Najmanja je u zoni isklinjenja III ugljenog sloja u istočnom delu istražnog prostora, a najveća je, kao što je već rečeno na profilu C-C', kod bušotine L10:139 98,60 m, na profilu E-E' kod bušotine K21:160 102,35 m i profilu F-F' kod bušotine K06:155, gde je debljina ovih sedimenata 97,25 m. Podina II ugljenog sloja izgrađena je od peska, glinovitog peska, i peskovite gline. Krovinu II ugljenog sloja, na prostoru gde je razvijen, izgrađuje pesak, glinoviti pesak, glina, peskovita, ugljevita i laporovita glina, alevriti i retki proslojci uglja. Najmlađe gornjopontske sedimente izgrađuju sivoplava glina, pesak i glinoviti pesak sa proslojcima ugljevite gline i uglja.

3. Obim i vrsta laboratorijskih istraživanja sadržaja elemenata grupa zagađivača životne sredine

Prisustvo i sadržaji hemijskih elemenata iz prve grupe zagađivača (Cu^2, Pb^2, Cd^2, V^1, Zn^2, Hg^3, As^1, Cr^1, Mo^1, Ni^2, Se^2) kao i hemijskih elemenata iz druge grupe zagađivača životne sredine (Ba^1, Be^2, B^4, Co^1, Mn^1, U^1, Th^1, Br^1, Cl^1) u uglju, pepelu i ostalim mineralnim sirovinama na površinskom kopu Drmno nisu poznati, te se ovaj vid istraživanja i ispitivanja može smatrati osnovnim.

Projektnim rešenjima definisano je da se na kompozitnim probama uglja, laboratorijskim određivanjima utvrdi njihovo kvalitativno i kvantitativno prisustvo. Ukupno je na 24 uzorka određeno prisustvo I i II grupe zagađivača životne sredine. Na istom broju uzoraka naknadnim tehnološkim ispitivanjima u laboratorijskom obimu (u pepelu nakon sagorevanja), utvrđeno je njihovo prisustvo i stepen njihove sekundarne koncentracije.

Osim uglja i pepela, ovaj vid ispitivanja realizovao se, u manjem obimu pojedinačnih proba međuslojne jalovine (ukupno 36 analiza) i većem broju uzoraka krovinske i podinske jalovine (ukupno 95 analiza).

Ovaj vid ispitivanja obuhvatio je i uzorke pratećih korisnih mineralnih sirovina. U peskovima su urađene 3 analize, šljunkovima 27 analiza i glinama 2 analize. Takođe, na 30 uzoraka humusnog sloja određena koncentracija elemenata I i II grupe zagađivača životne sredine.

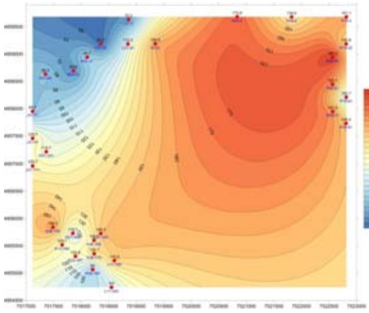
Ekološka laboratorijska ispitivanja humusa, pratećih mineralnih sirovina, uglja, pepela, međuslojne, krovinske i podinske jalovine, uradila je laboratorija Instituta za rudarstvo i metalurgiju iz Bora.

4. Rezultati ispitivanja

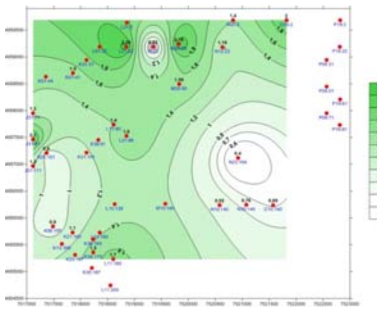
Analizom rezultata dobijenih vrednosti pojedinih hemijskih elemenata i upoređujući ih sa njihovim graničnim vrednostima u Uredbi o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa [2] možemo zaključiti sledeće:

- Uzorci humusa iz istražnih bušotina izvedenih u 2016. godini dobili su nedozvoljene vrednosti hemijskih elemenata I i II grupe zagađivača životne sredine za elemente: Cu (15 uzoraka), Pb (8 uzoraka), V (17 uzoraka), Cr (5 uzoraka), Ba (8 uzoraka), Be (11 uzoraka). Za Ni, Se i Co svi ispitani uzorci pokazali su veće vrednosti od graničnih vrednosti (Slika 4).

- Neki od ispitanih uzoraka uglja iz istražnih bušotina izvedenih u 2016. godini, dobili su nedozvoljene vrednosti hemijskih elemenata I i II grupe zagađivača životne sredine. Od I grupe zagađivača životne sredine dobijene su nedozvoljene vrednosti za sledeće elemente: Se (21 uzorak, Slika 5), V (15 uzoraka), Ni (9 uzoraka), Cu (1 uzorak), Cd (1 uzorak), Hg (1 uzorak), As (1 uzorak), Cr (1 uzorak) i Mo (1 uzorak). Od II grupe zagađivača životne sredine dobijene su nedozvoljene vrednosti za sledeće elemente: Ba (8 uzoraka), Be (3 uzorka), Co (3 uzorka) i B (1 uzorak).

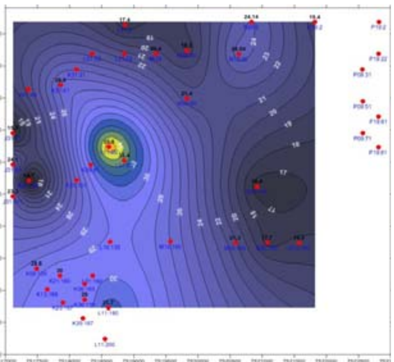


Slika 4. Izolinije dobijenih vrednosti Ni iz uzoraka humusa u bušotinama iz 2016. godine sa izdvojenim zonama sa vrednostima > 35 mg/kg (svi ispitani uzorci humusa)

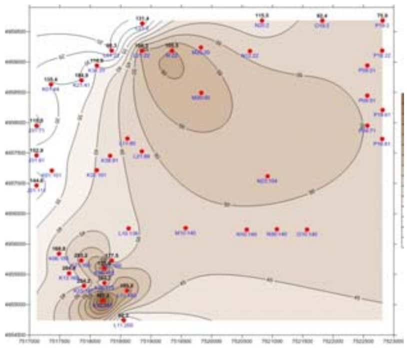


Slika 5. Izolinije dobijenih vrednosti Se iz uzoraka uglja u bušotinama iz 2016. godine sa izdvojenim zonama sa vrednostima > 0,7 mg/kg

- Svi ispitani uzorci pepela (24 uzorka) dobili su nedozvoljene vrednosti hemijskih elemenata I i II grupe zagađivača životne sredine za Cu, Ni, Se, Ba, Be i Co (Slika 6), dok je najveći broj ispitanih uzoraka pokazao visoke koncentracije V (22 uzorka), As (21 uzorak), Cr (22 uzorka), Mo (20 uzoraka) i B (20 uzoraka). Jedan uzorak pepela je pokazao nedozvoljenu koncentraciju za elemenat Hg i isti broj uzoraka je pokazao nedozvoljenu koncentraciju za Cd.
- Ispitani uzorci krovinske i podinske jalovine iz istražnih bušotina izvedenih u 2016. godini, dobili su nedozvoljene vrednosti hemijskih elemenata I i II grupe zagađivača životne sredine za sledeće elemente: Cu (23 uzorka, slika 7), V (9 uzoraka), Hg (9 uzoraka) i veliku većinu za Ni (74 uzorka), Se (svi ispitani uzorci), Be (34 uzorka) i Co (68 uzoraka).

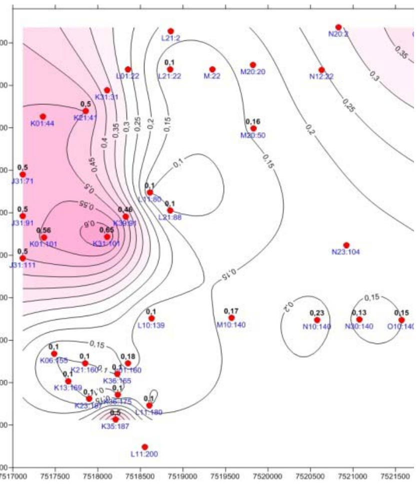


Slika 6. Izolinije dobijenih vrednosti Co iz uzoraka pepela u bušotinama iz 2016. godine sa vrednostima > 9 mg/kg

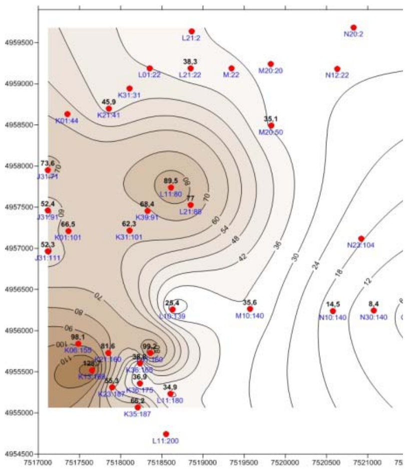


Slika 7. Izolinije dobijenih vrednosti Cu iz uzoraka krovinske i podinske jalovine u bušotinama iz 2016. godine sa vrednostima > 36 mg/kg

- Ispitani uzorci međuslojne jalovine iz istražnih bušotina izvedenih u 2016. godini, dobili su nedozvoljene vredosti hemijskih elemenata I i II grupe zagađivača životne. Od I grupe zagađivača životne sredine dobijene su nedozvoljene vrednosti za sledeće elemente: Se (svi uzorci), V (14 uzoraka), Ni (16 uzoraka), Cu (19 uzoraka, slika 9), Hg (6 uzoraka, slika 8). Od II grupe zagađivača životne sredine dobijene su nedozvoljene vrednosti za sledeće elemente: Ba (1 uzorak), Be (13 uzorka) i Co (14 uzoraka).
- Manji broj uzoraka pratećih mineralih sirovina (pesak, šljunak i glina) dobili su nedozvoljene vredosti hemijskih elemenata I i II grupe zagađivača životne sredine.



Slika 8. Izolinije dobijenih vrednosti Hg iz uzoraka međuslojne jalovine u bušotinama iz 2016. godine sa vrednostima > 0,3 mg/kg



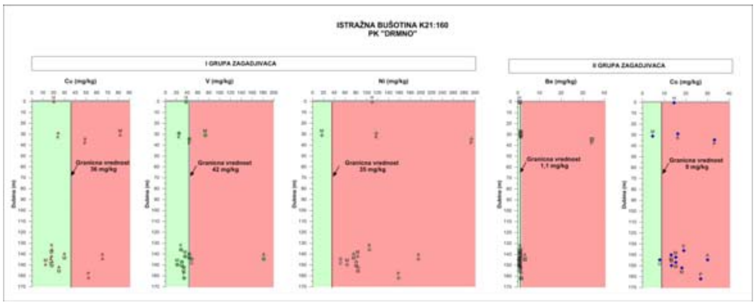
Slika 9. Izolinije dobijenih vrednosti Cu iz uzoraka međuslojne jalovine u bušotinama iz 2016. godine sa vrednostima > 36 mg/kg

Dobijene vrednosti pojedinih elemenata I i II grupe zagađivača životne sredine na ispitivanim uzorcima sedimenata uzorkovanih sa različitih dubina i pozicija u odnosu na ugljeni sloj, prikazane su na primeru istražne bušotine K21:160, na PK Drmno (Slika 10). Istražna bušotina K21:160 nalazi se u jugozapadnom delu istražnog prostora u 2016. godini (Slika 1) i na profilu E-E' (Slika 3). Dobijene vrednosti sadržaja elemenata I i II grupe zagađivača životne sredine za bušotine koje se nalaze na ovom profilu date su u Tabeli 1. Sve nedozvoljene koncentracije pojedinih elemenata označene su osenčenim poljima.

Na graficima sadržaja odabranih hemijskih elemenata, dobijenih u istražnoj bušotini K21:160, su prikazane zone sa graničnim vrednostima koncentracija odabranih teških metala (zelena zona) i zone njihovih nedozvoljenih koncentracija (crvena zona), Slika 10. Ono što možemo uočiti na grafiku za Ni i Co je veliki broj nedozovoljenih koncentracija dobijenih na uzorcima različitog litološkog sastava i sa različitih dubina. Za ostale elemente (Cu, V i Ba) manji broj uzoraka pokazao je nedozvoljene koncentracije u ovoj bušotini.

Uzorak podinskih sedimenata istražne bušotine K21:160 sa dubine 34,50 m predstavljen sivomaslinastim glinama, prašinastim sa uklopcima uglja, dobio je izuzetno visoke vrednosti koncentracija za Ni (293,20 mg/kg) i Be (34,20 mg/kg). Kako su remedijacione vrednosti 210 mg/kg

za Ni i 30 mg/kg za Be, jasan je značaj dobijanja ovih podataka zbog posebne pripreme njihovog odlaganja na odlagalištima u procesu eksploatacije uglja. Kompozitni uzorak pepela iz intervala 144,50-152,10 m dobio je vrednost koncentracije za Ni (195,60 mg/kg) koja je veoma bliska remedijacionoj vrednosti. Značaj dobijenog podatka ukazuje na neophodnost sistematičnog praćenja koncentracija teških metala I i II grupe zagađivača odloženih masa na deponijama šljake i pepela iz kostolačke termoelektrane.



Slika 10. Grafički prikaz dobijenih vrednosti koncentracija teških metala I i II grupe zagađivača životne sredine (Cu, V, Ni, Be i Co) u istražnoj bušotini K21:160
Legenda: H-humus, K-krovinski sedimenti ugljenog sloja, P-podinski sedimenti ugljenog sloja, M-međuslojna jalovina ugljenog sloja, U-ugalj, A-pepeo

Ukoliko posmatramo profilsku liniju E-E' i dobijene vrednosti sadržaja teških metala u bušotinama K21:160, L11:180 i K36:175 (Tabela 1), koje se nalaze na ovom geološkom profilu, uočavamo da je najveći broj nedozvoljenih koncentracija dobijen za elemente Ni, Se i Co, bez obzira na dubinu uzorka i litološki sastav. Nešto veći broj nedozvoljenih koncentracija dobijen je za Cu, V, Be, dok je manje od 6 uzoraka dobilo koncentracije veće od dozvoljenih za Hg, As, Cr, Mo. Ba i B. Duž ove profilske linije, dozvoljene koncentracije elemenata I i II grupe zagađivaća životne sredine, dobijene su za Pb, Cd, Zn, Mn, U, Th i Cl.

Tabela 1. Tabelarni prikaz rezultata laboratorisjkih analiza I i II grupe zagađivaća životne sredine iz bušotina na profilu E-E’

		I grupa zagađivača (ppm)											II grupa zagađivača (ppm)								
	Bušotina	Cu	Pb	Cd	V	Zn	Hg	As	Cr	Mo	Ni	Se	Ba	Be	B	Co	Mn	U	Th	Cl
HUMUS	K21:160	20,2	77,7	0,33	38,1	83,5	0,14	20,1	66,6	0,69	110,1	< 2	96,1	0,88	< 10	14,6	714,5	0,62	4,1	25
	L11:180	37	60,6	0,36	50,3	88,9	0,52	22,8	99,8	0,87	143,9	< 2	134,8	1,3	< 10	20,4	863,7	0,5	5,2	16
	K36:175	32,2	27,8	0,23	41,2	59,4	< 0,10	17,3	92,5	0,75	139,7	< 2	113,2	1	< 10	19,1	842,1	0,5	3,6	16
PEPEO	K21:160	65,1	38	0,34	181,6	65,2	< 0,1	57,3	219,3	5	195,6	4,3	837	3,3	1219,1	30	1592,7	1,7	9,2	< 10
	L11:180	66,7	27,6	0,38	203,6	71,7	< 0,1	48,7	250,4	3,2	202,2	4,9	762,7	3,7	103,2	31,7	2921,8	1,4	8,9	< 10
	K36:175	52,4	20	0,32	171,2	60,3	< 0,1	41,5	225	2,8	174,6	3,8	686,6	2,9	72	29	1613,9	1,3	8,1	< 10
Ugalj	K21:160	17,2	10	0,09	47,9	17,2	< 0,03	151,1	57,8	1,3	51,6	1,1	220,8	0,9	321,6	7,9	420,1	0,4	2,4	37,3
	L11:180	23	9,5	0,13	70,1	24,7	< 0,03	16,8	86,2	1,1	69,9	1,7	262,7	1,3	35,5	10,9	1006,2	0,5	3,1	< 0,7
	K36:175	20,2	7,7	0,12	66	23,2	< 0,04	16	86,7	1,1	67,3	1,5	264,5	1,1	27,7	11,2	621,8	0,5	3,1	25,7
KROVINA I PODINA	K21:160	24,1	13,7	0,14	24,7	25,5	< 0,1	17,1	50,8	0,46	117,8	< 2	71,8	1,3	< 10	16,3	979,5	0,37	4,2	18
		49	37,3	1,1	44	88,1	< 0,1	16	92,5	0,59	293,2	3,2	122,1	34,2	10,7	33,2	923,5	1,1	10,3	12
		18,4	12,3	0,14	28,5	25,7	< 0,1	15,8	51,4	0,39	105,1	< 2	83,4	1,1	< 10	19	1096,2	0,38	3,7	12
		52,2	17,2	0,32	34,4	70,2	< 0,1	23,9	38,3	0,7	158,7	< 2	128,8	1,6	< 10	26,9	898,9	0,78	7,2	54
	L11:180	63,9	8,1	0,38	65,8	32,8	< 0,1	12,2	18,8	0,61	14	2,1	62	1,2	< 10	3,9	79,6	1	3,5	42
		42,6	13,3	0,22	24,9	33,9	< 0,1	8,3	41,3	0,41	153,8	< 2	58,9	1,2	< 10	23,1	380,5	1	5	52
		25	13,8	0,21	35,2	32,7	< 0,1	17,6	66,4	0,53	126,3	< 2	100,3	1,3	< 10	21,8	1241,4	0,42	5,1	30
		42,9	14,3	0,33	45	58,5	< 0,1	20,6	46,1	0,65	112,3	< 2	119,9	1,7	< 10	22,9	1072,6	0,72	6,9	14
	K36:175	41	20,4	0,24	30,8	56,5	< 0,1	27,7	59,3	0,77	163,2	< 2	83,7	1,6	< 10	24	768,1	0,59	7,4	20
		24,1	13,4	< 0,1	20,4	13,2	< 0,1	8,8	38,7	0,41	74,4	< 2	56,9	0,91	< 10	10,9	108,2	0,42	4,6	10
		13,6	9,2	< 0,1	26	14	< 0,1	11	52,9	53	79,1	< 2	78	0,83	< 10	13	859,6	0,32	2,8	10
		10,9	8,4	< 0,1	23,1	12,9	< 0,1	11,4	48,7	0,48	87,3	< 2	82,1	0,74	< 10	15,8	708,4	0,28	3,4	22
MEDJUSLOJNA	K21:160	81,6	9,7	0,22	73,3	59,6	< 0,10	8,6	26,3	0,51	17	2	74,9	1,4	< 10	4,7	94,7	0,91	3,3	10
		30	9,9	0,18	43,6	10,9	< 0,10	16,5	52,4	1	75,8	< 2	106,3	1,1	< 10	13,2	1336,7	0,39	3,8	16
		18,1	8,4	0,11	35,9	14,2	< 0,10	13,8	63,1	0,73	83,4	< 2	87,2	0,82	< 10	15,3	843,4	0,31	3,4	12
		18,5	9,1	0,14	29,9	19,3	< 0,10	12,9	61,5	0,85	80,6	< 2	89,8	0,82	< 10	15,4	1266,6	0,32	3,4	12
		12,6	7,9	< 0,10	21,5	11,3	< 0,10	6,6	49,8	0,56	63,5	< 2	76,9	0,7	< 10	13,4	1142,7	0,29	3,2	6
		25	11,9	0,15	33,5	27,3	< 0,10	11,4	62,5	0,54	83,9	< 2	97,5	1,1	< 10	18,1	1662,1	0,37	3,8	24
	L11:180	34,9	11,4	0,18	34	23,5	< 0,10	14	59	0,67	92,5	< 2	98	1	< 10	17,3	1432,7	0,37	4,4	14
	K36:175	36,9	7,3	0,13	90,4	4,5	< 0,10	15,9	31,7	0,75	24,7	< 2	56,9	1,4	12,3	6,7	136	0,74	3,5	24

5. Zaključak

U okviru istraživanja na PK Drmno u 2016. godini ukupno je iz 45 bušotina na 241 uzorku određeno prisustvo I i II grupe zagađivača životne sredine. Geološkim modelovanjem prikazan je karakter vertikalne i lateralne distribucije I i II grupe zagađivača životne sredine u delu ležišta obuhvaćenog ispitivanjima u 2016. godini.

Veliki broj uzoraka pepela dobio je nedozvoljene vrednosti hemijskih elemenata I i II grupe zagađivača životne sredine za Cu, Ni, Se, Ba, Be i Co, V, As, Cr, Mo i B, od kojih pojedine vrednosti za Cu, V, As, Cr, Ni i Ba prelaze previđene remedijacione vrednosti za navedene elemente.

Dobijeni sadržaji elemenata I i II grupe zagađivača životne sredine predstavljaju značajan podatak za dalja rudarska projektovanja odlaganja pepela, hemijsku kontrolu deponovanog pepela i pripremu na odlagalištima za odlaganje međuslojne, krovinske i podinske jalovine u delovima terena gde su se javile nedozvoljene koncentracije elemenata.

Veliki broj istražnih bušotina izvedenih na PK Drmno u 2016. godini lokacijski pripada poljoprivrednom gazdinstvu Hrastovača.

Poznato je da teški metali predstavljaju poseban rizik po agroekosistem, iz razloga svoje postojanosti [3]. Glavni izvor teških metala u poljoprivrednom zemljištu je primena agrohemikalija, u prvom redu mineralnih i organskih đubriva [1]. Ispitani uzorci humusa iz istražnih bušotina pokazali su nedozvoljene koncentracije za sledeće hemijske elemente: Cu, Pb, V, Cr, Ba, Be, Ni, Se i Co, ali je njihov sadržaj istovremeno niži od propisanih remedijacionih vrednosti za navedene elemente. Na osnovu iznetog, pažnju treba usmeriti ka racionalizaciji fungicida i primeni sintetičkih pesticida.

Osim poznavanja ukupnog sadržaja metala u zemljištu, za procenu uticaja je potrebno odrediti i njihov pristupačni sadržaj kao pokazatelj mobilnosti, biodostupnosti i reaktivnosti metala [4]. Poznavanjem pristupačnog sadržaja bilo bi određenije da li su povećane koncentracije antropogenog ili geohemijskog porekla. Nakon realizovanih svih istraživanja/ispitivanja ***moguće je izvršiti ekološku karakterizaciju uglja***, pepela, međuslojne, krovinske i podinske jalovine, šljunka, peska, gline i humusa.

Literatura

1. Adriano D.: Trace Elements in Terrestrial Environments, Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals (2nd ed.) Springer. New York, 2001.
2. Službeni glasnik Republike Srbije: Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa, 2010.
3. Moolenaar S. W., Beltrami P.: Heavy metals balances of an Italian soil as affected by sewage sludge and bordeaux mixture applications. J Environ Qual. 27: 828-835, 1998.
4. Ninkov J., Milić S., Vasin J., Kicošev V., Sekulić P., Zelemski T., Maksimović L.: Heavy Metals in Soil and Sediments of the Planned Ecological Network of Central Banat, Serbia, Ratar. Povrt. 49, 17-23 2012.
5. Zivković D., Savić D., Milošević D., Kundačina D.: Godišnji izveštaj o izvedenim primenjenim geološkim istraživanjima uglja na PK Drmno u 2016 godini, Beograd, Geoing Group, 2017.

UGALJ KAO ENERGENT-ULOGA U GLOBALNOJ ENERGETICI

COAL AS ENERGY SOURCE-ROLE IN WORLD ENERGY

Stanić R.[1], Stanić N.[2], Gačević D.[3], Nikolić M.[4]

Apstrakt

Ugalj je ponovo važan energent u globalnoj energetici,ključna uloga za stabilnost i ekonomsku efikasnost mnogih geoprostora. Zaokret ka uglju izvjestan je u mnogim zemljama. Ekološke ciljeve rješavati korišćenjem *čistog uglja*, unapređenja u procesu finalizacije uglja, povećanjem efikasnosti automatizacijom i digitalnim upravljanjem procesom. Država Crna Gora u dugoročnom periodu mora se vezati za nastavak rada termoenergetskog kompleksa u Pljevljima.

Ključne reči: Čist ugalj, energija, termoenergetski kompleks, termoelektrana, ekologija

Abstract

Coal is again an important energy source in global energy, a key role for the stability and economic efficiency of many geospatials.The shift to coal is known in many countries. Ecological objectives are solved by using *clean coal*, improvements in the process of coal finishing,

[1] Dr Stanić Ratomir, Rudnik uglja Pljevlja, Pljevlja
[2] Stanic Nikola,IRM Bor
[3] Gačević Dobrilo, Elektroprivreda Crne Gore
[4]Milan Nikolić

increasing the efficiency of automation and digital process management. The state of Montenegro in the long-term should be connected to the continuation of the operation of the thermal power complex in Pljevlja.

Key words: Clean coal, energy, thermal power complex, power plant, ecology

Uvod

Bez obzira da li se proizvodi ili uvozi ugalj danas ponovo ima ključnu ulogu za sigurnost i ekonomiju mnogih geoprostora posebno u oblasti električne energije. U 90-tim godinama u prvom planu svetske energetike bio je prirodni gas, dok u poslednje vrijeme ugalj postaje interesantniji, prije svega zbog stabilnosti cijena i dostupnosti. Rast cijene nafte i prirodnog gasa i rast energetske tražnje poslenjih godina je takodje jedan od razloga koji rezultira da ugalj postaje jedan od osnovnih energetskih sirovina.

Prema raspoloživim izvorima (BP Statistikal Review of World Energy)ugalj je fosilno gorivo ćija je tražnja najviše porasla u Azijsko-pacifičkom regionu.Ovaj region učestvuje sa blizu 90% u globalnom rastu tražnje i oko 80% u rastu svjetske proizvodnje.

Ugalj će dakle ponovo imati važno učešće u svetskom energetskom miksu i biti važan faktor socijalnog i ekonomskog razvoja kako razvijenih tako i zemalja u razvoju i važna komponenta sigurnosti i poboljšanja kvaliteta života velikog broja ljudi.

Ugalj danas postaje profitabilan i vraća se na ekonomsku scenu čak i u zemljama koje su ga otpisivale i konpezovale drugim energentima. U Francuskoj se 2006. godinejedna grupa funkcionera odlučila da sa konpanijom za eksploataciju mineralnih resursa investira u otvaranje ugljenokopa i izgradnju sukcesiske termoelektrane od 1.000 MW u Nijaverupreko milijardu eura, što je najveća investicija te godine u Burgoniji (Le Monde).

Zaokret ka uglju izvjestan je u mnogim zemljama, njegova efikasnija upotreba i mogućnost korišćenja *čistog* uglja su glavni ekonomski ciljevi koji se moraju riješiti da bi se u potpunosti eliminisali razvojni limiti ovog sektora.

Reduciranje emisije sumpor-dioksida i ugljen-dioksida i reduciranje termoenergetskog otpada, njihovo korišćenje u industriji i rast termoenergetske efikasnosti danas sutema raznihh projekata u mnogim zemljama koji bi trebalo da se uspješno završe u predstojećim godina. Unapređenje tehnologija proizvodnje uglja omogućiće dalji rast tražnje

ovog energenta na globalnom nivou ali i održavanje uslova ključnih postulata održivog razvoja.

Osim unapređenja proizvodnje uglja u procesu finalizacije očekuje se da korišćenje novih kotlova u termoelektranama poveća efikasnost zaposlenih (Ruski auutori), dok se u američkoj literaturi ističe automatizacija i tehnologije bazirane na digitalnom unapređenju tokom izgradnje i vođenju pogona budućih termoelektrana.To će uz tehnološke inovacije u procesuekstrakcije uglja doprinijeti rastu tražnje za ugljem.

Najkompetetniji svjetski eksperti proriču uglju lidersku poziciju, odnosno povratak *autsajdera*.

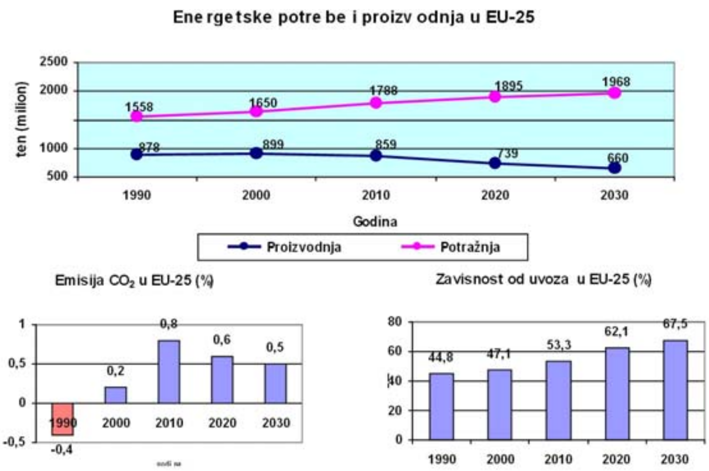
1.Energetski trendiovi u EU

Energetski stratezi EU polaze odpremise da je energetika ključni faktor EU i da su je zbog političkih, ekonomskih i geografskih razloga neophodno povezati integracijom energetskih tržišta, osigurati monitoring te integracije u zajedničke instrumente energetske politike u cilju stvaranja povoljne klime za investicije.

Evropa ulazi u novu eru energetike, kad tražnja za energijom nastavlja da kontinuirano raste, pa se EU u uslovimafluktuirajućih cijena zavisno od eksternih snabdjevača zbog čega je neophodno devirsifikovati evropski energetski miks i limitirati izloženost EU budućim cjenovnim *tokovima* i političkom razvoju, te odgovoriti na brojna pitanja koja se odnose na klimatske promjene i biti lider u globalnom istraživanju obnovljive energije. Nova energetska primjenapodrazumjeva:

- veće investicije u nove kapacitete i tehnologije
- više interkonekcije izmedju članica EU
- više energetske efikasnosti
- više diversifikovane energetske efikasnosti i
- zajedničko dogovaranje (saradnju) o snabdijevanjuenergentima.

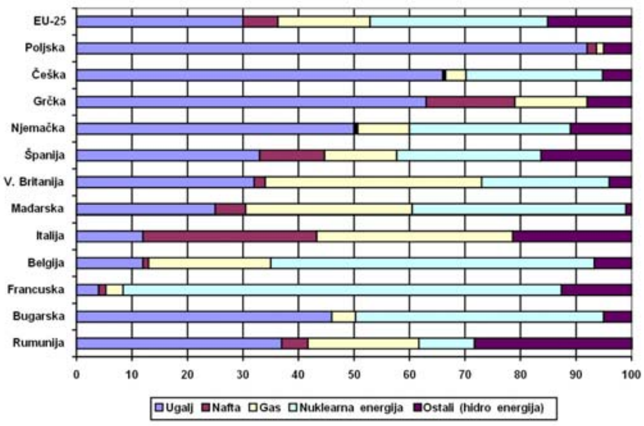
Ovakva razmišljanja su potpuno razumljiva ako se uzmu u razmatranje projekcije energetske budućnosti EU do 2030.godine (Slika1).



Slika 1. Projekcije energetske budućnosti EU do 2030.godine

Kao što se vidi EU ulazi u novi energetski period gde će njena zavisnost od uvoza energenata uveliko premašiti 50% što zahtijeva da se u narednim decenijama ostvare triključna cilja, održivost razvoja, konkurentnost i sigurnost snabdevanja. Energetski eksperti EU predvidjaju da je neophodno u narednim decenijama uložiti oko 1.000 milijardieura u reanimaciju ovih ciljeva, odnosno za podmirenje očekivane tražnje energenata.

Pri razmatranju novih ideja, o tome kako odgovoriti na buduće energetske izazove te pitanje budućeg miksa EU. Što se uglja tiče, on je i te kako značajan segment današnjeg energetskog miksa EU, pogotovo u zemljama dijela EU (Poljska, Češka, Rumunija i Bugarska).



Slika 2. Prikaz energetskog miksa u pojedinim zemljama EU

Sve ukazuje da će učešće uglja u energetskom miksu do 2030. godine biti veoma značajno. Studija na održivoj proizvodnji uglja (dokument komisije EU) predvidja značajna ulaganja u istraživanja i razvoj tehnologija sa niskim emisijama CO_2. Na sastanku G-7 u aprilu 2007.godine, kao perspektivni energenti navode se hidroenergija bioenergija, nuklearna energija i *čist ugalj*. To je prvi put da se ugalj uključuje u perspektivne energente.

2. Stanje energetike u Crnoj Gori

U strukturi proizvodnih kapaciteta EZ JIE preovlađuju termokapaciteti od kojih većina ne ispunjava zahtjeve evropske regulativesa aspekta zaštite životne sredine. Na primer, u zemljamau okruženju Crne Gore, u Makedoniji od u funkciji 10GW termokapaciteta, jedva 5% zadovoljava ekološke zahtjeve EU. Većina termoelektrana su sa zastarelim tehnologijama i pri kraju su radnog vijeka, s toga se postavlja pitanje njihove ekološke rehabilitacije (za šta su potrebna značajna sredstva) ili njihovog zatvaranja i zamjene novim izvorima. Dakle, nedostatak proizvodnih kapaciteta u EZ JIE, s jedne strane, koji će biti uvećan u narednoj dekadi, uvećaće uvoznu zavisnost i sa druge strane, prognozirani porast potrošnje električne energije, mogu ugoziti sigurnost snabdjevanja regiona električnom energijom.

Izrečena ocjena u potpunosti se odnosi i na Crnu Goru, što potvrđuju karakteristike Energetskog bilansa za 2015. godinu:

- Potrebe potrošača za električnom energijom veće su od proizvodnih mogućnosti EPCG, kako u energiji tako i u snazi. Poređenjem planiranih količina raspoložive električne energije (3.198GWh) i ukupnih potreba potrošnje (3.563 GWh) iskazuje se nedostajuća količina za 2015. godinu od 365 GWh (ukupni neto manjak električne energije u odnosu na potrebe bruto oko 10 %).
- Prisutna su zagušenja na prenosnim kapacitetima u regionu koja su u direktnoj vezi sa uvozom električne energije u Crnu Goru. Kao rezultat izraženog nedostatka električne energije u regionu cijena električne energije na tržištu Zapadne Evrope često je niža od cijene u regionu.
- Posebno treba istaći podatak da je zbog nedovoljnih proizvodnih kapaciteta za proizvodnju električne energije od 1999. godine do danas Crna Gora dala za uvoz električne energije iz inostranstva preko 900 miliona €.

Polaganjem podmorskog HVDC kabla Italiija-Crna Gora,

izgradnjom 400 kV sistema za prenos električne energije (Transbalkanski koridor), koji spaja tržišta istočne i zapadne Evrope, otvara se širok prostor za investicije u energetski sektor.Jedna od takvih, potencijalno isplativih investicija je projekat TE Pljevlja-II, koji je planiran Strategijom razvoja energetike CG do 2030.godine. Njime se omogućujenastavak energetske djelatnosti i proizvodnja električne energije iz uglja na energetski efikasniji i ekološki prihvatljiviji način. Uz zajedničku proizvodnju oba bloka, pojavio bi se značajan višak električne energije. Naime, nakon realizacije Projekta TEP-II, procijenjuje se da bi ukupna proizvodnja električne energije u Crnoj Gori bila 4.700GWh, dok bi potrošnja bila oko 3.700 GWh. Ukupan višak električne energije bi bio oko 1.000 GWh, što predstavlja jako dobru polaznu poziciju nakon postavljanjapodvodnog kabla izmedju Italije i Crne Gore. Posebnu povoljnost čini priroda viška električne energije koja je uglavnom iz hidrokapaciteta, te se ovaj višak može valorizovati kada su i cijene u okruženju najveće.

3. Uloga pljevaljskog termoenergetskog kompleksa u elektroenergetskom sistemu Crne Gore

Uloga Termoelektrane Pljevlja (TEP) i Rudnika Uglja Pljevlja (RUP)može se posmatrati kroz ulogu Termoelektrane Pljevlja u elektroenergetskom sistemu Crne Gore, u smislu zatvaranja elektroenergetskog bilansa, pri čemu se podrazumijeva osposobljenost Rudnika Uglja Pljevlja da proizvodi ugalj u količinama i kvalitetu prema potrebama TEP.

Osnovne karakteristike energetskog sektora, koje su od bitnog značaja za realizaciju Energetskog bilansa u 2017. godini, su:

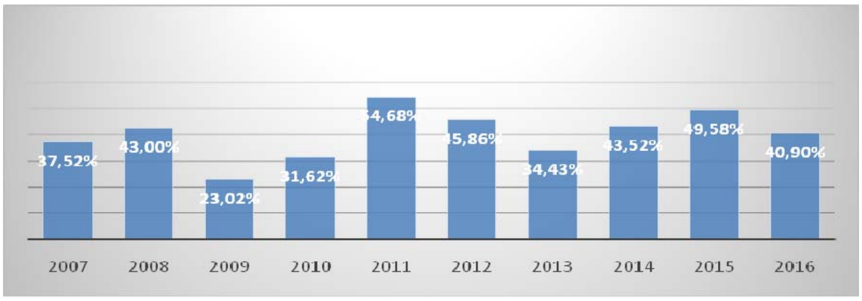
- potrebe potrošača za električnom energijom prevazilaze proizvodne mogućnosti EPCG, kako u energiji tako i u snazi kapaciteta;
- prisutna zagušenja na prenosnim kapacitetima u regionu koja su u direktnoj vezi sa uvozom električne energije u Crnu Goru - kapaciteti se dijele bilateralno po vrlo strogim UCTE pravilima na osnovu proračuna tokova snaga dva mjeseca unaprijed;
- od strane Elektro Privrede Srbije raskinut je Dugoročni ugovor o poslovno-tehničkoj saradnji koji je važio do 1. januara 2016. godine, tako da je aktivan samo dugoročni ugovor sa Elektroprivredom Republike Srpske;
- neizvjesnost buduće potrošnje KAP i Željezare u 2017. godini ograničava pouzdano planiranje konzuma, a samim tim i procjenu nedostajućih količina električne energije i naftnih derivata.

Ovakva situacija u energetskom sektoru iziskuje dodatno angažovanje, ne samo energetskih, već i svih privrednih subjekata, kao i nadležnih organa u Crnoj Gori, u cilju obezbjeđenja potrebnih količina svih energenata, kako se njihov nedostatak ne bi pojavio kao ograničavajući faktor ukupnog ekonomskog razvoja Crne Gore.

U dijelu obezbedjenja el. energije za potrebe konzuma, karakteristični su:

- velika zavisnost od mogućnosti uvoza el.energije iz drugih elektroenergetskih sistema
- izražena zavisnost od hidrologije.
- neracionalno korišćenje hidroakumulacija za proizvodnju konstantne energije u kritičnim periodima.

TE Pljevlja, kao proizvodjač bazne energije, značajno doprinosi stabilnosti ovakog elektroenergetskog sistema. Od ukupne snage proizvodnih kapaciteta u CG (883MW), TEP-I čini 25,5% (225MW). Učešće u ukupnoj proizvodnji električne energije u poslednjih 10 godina je prosječno iznosilo oko 40 % (Slika 3).



Slika 3. Učešće TEP-I u ukupnoj proizvodnji elektične energijre u CG

Uzimajući u obzir navedene činjenice, koje su izvedene iz više analiza i studija, jasno je da se ugrožava stabilnost i racionalnost rada sistema isključenjem TE Pljevlja kao najsigurnijeg proizvodjača i jedinog proizvodjača bazne energije.

Značaj stabilnosti i pouzdanosti snadbdijevanja električnom energijom posebno je važan sa aspekta intezivnog razvoja turizma kao strateške grane, koji je veliki potrošač i vrlo zahtjevan u odnosu na snadbijevanje električnom energijom.

Adekvatnim planiranjem rada TE Pljevlja, naročito nakon izrgradnje drugog bloka, uskladjivanjem sa potrebama sistema u pojedinim periodimai racionalnim korišćenjem hidroakumulacija, doprinosi se boljem radu sistema, a time i boljem iskorišćavanju svakog od proizvodnih objekata.

3.1. *Aktuelno stanjeTEP-I*

TEP-I je u radu već 35 godina, ima oko 200.000 radnih sati. Zahvaljujući mjerama rekonstrukcije i modernizacije glavne opreme tokom zadnje decenije, elektrana je dostigla visoke pokazatelje pouzdanosti i sigurnosti proizvodnje.Pokazatelji neto efikasnosti su povećani, ali ne znatno zbog zastarelosti tehnologije.

Glavni problemi u funkcionisanju TEP-I u narednom periodu su:

- Potrebna su visoka investiciona ulaganja za ekološku sanaciju za relativno mali preostali radni vijek (60 do 70 miliona €):
  - rješavanje ekoloških problema (smanjenje emisija SO_2, NOx, prečišćavanje otpadnih voda, uklanjanje azbestnih materijala iz pogona).
  - Rješavanje problema skladištenja produkata sagorijevanja uglja. Realizacija ovog projekta je neophodna za nastavak rada TEP (oba bloka).
- Relativno niska efikasnost koja će dodatno biti smanjena nakon realizacije ekoloških projekata (povećanje sopstvene potrošnje).
- Nekonkurentnost proizvodne cijene, zbog relativno visoke cijene osnovnog energenta-uglja i visokih investicionih ulaganja u revitalizaciju postrojenja i prilagođavanje uslovima zaštite životne sredine.

U skladu sa *Zakonom o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine*, Sl.list RCG 80/05, kao i drugim relevantnim zakonima i aktima u vezi sa zaštitom životne sredine, EPCG je u obavezi da u objektu TE Pljevlja prilagodi rad postrojenja propisanim uslovima za izdavanje tzv. integrisane dozvole. Prema *Zakonu o ratifikaciji sporazuma između Evropske Zajednice i Republike Crne Gore o formiranju energetske zajednice* (Atinskog memorandum iz 2005. godine), definisana je obaveza implementiranja Direktive 2001/80/EC Evropskog parlamenta i Savjeta od 23. oktobra 2001. godine (LCP direktiva) o ograničenju emisije određenih zagađivača u vazduhu iz velikih pogona za sagorijevanje do 31. decembra 2017. godine.

Ministarski savjet Energetske zajednice (EZ) usvojio je 23. oktobra 2013. godine dvije Odluke:

- Odluku D/2013/05MC-EnC o pravilima implementacije Direktive o velikim ložištima.
- Odluku D2013/06/MC-EnC o uvođenju Direktive o industrijskim emisijama 2010/75/EC.

Odlukom D/2013/05MC-EnC o pravilima implementacije Direktive o velikim ložištima omogućeno je državama potpisnicama

Ugovora o osnivanju Energetske zajednice korišćenje dva mehanizma implementacije LCP direktive, koja su definisana u okviru same Direktive i to na sledeći način:

- Primjena Nacionalnog plana za smanjenje emsija (National Emission Reduction Plan - NERP) do 31.12.2027. godine,
- Primjena mehanizma ograničenog rada postrojenja, tzv. OPT-OUT mehanizam (20.000 sati rada u periodu od 2018. do 2024. godine). Nakon isteka perioda predviđenog za *opt-out*, postrojenje se ili zatvara ili mora biti usklađeno sa graničnim vrijednostima Direktive o industrijskim emisijama IED 2010/75/EC.

EPCG je za TEP-I odabrala drugu opciju koja je odobrena Odlukom Ministarskog savjeta EZ oktobra 2016.godine, sa planom da prilagođavanje rada postrojenja prilagodi novim uslovima do 2022. godine i nastavi sa radom elektrane.

3.2. *Opcije rada TE Pljevlja*

Dalji status TEP-I analiziran je kroz više varijanti. Ovdje će, ukratko, biti prikazane dvije osnovne opcije za projekat TEP-I:

- stanje bez novog projekta (ne gradi se TEP-II) i
- stanje sa novim projektom (gradi se TEP-II)

Za svaku od njih dati su scenariji rada postojeće jedinice TEP-I u kontekstu obaveza prilagođavanja u skladu sa EU regulativom.

Za svaku opciju, odnosno scenario rada analizirani su uticaji na životnu sredinu (emisija polutanata u odnosu na EU/MNE regulativu) i ekonomska ocjena preko standardnih pokazatelja neto sadašnje vrijednosti (NPV) i interne stope povrata (IRR), uz procjenu i drugih rizika. Rezultati analize dati su u narednoj tabeli.

Tabela 1. Analiza opcija rada TE Pljevlja

	Opcija	Ekonomski pokazatelji		Ekološki pokazatelji
		NPV (M€)	**Efekti**	
1	***Ne gradi se TEP-II***			
1.1	Zatvaranje postojeće jedinice TE Pljevlja-I nakon isteka OPT-OUT opcije zbog potrebnih visokih ulaganja za prilagođavanje rada postrojenja zahtjevima zaštite životne sredine za njen relativno mali preostali radni vijek. Nisu uračunati troškovi	< 0	- Negativni efekti po Državu, - Rast debalansa el.energije iz sopstvenih izvora. - Povećanje uvoza EE, - Veliki negativni uticaji na pljevaljski region. - Relativno visoki troškovi zatvaranja (bez	Dobri, bez uticaja TE i emisija polutanata.

	ekološke sanacije rudnika uglja.		uračunavanja troškova ekološke sanacije rudnika).	
1.2	Rad TEP-I bez ekološke sanacije do 2021.godine	< 0	Kao pod 1.1	Negativni do 2021. Poslije, kao u T.1.1
1.3	Ekološka sanacija TEP-I i produženje rada do isteka resursa glavne opreme (do 300.000h rada).	NPV1 > 0	- Visoka ulaganja u ekološku sanaciju za mali preostali radni vijek, - Niska efikasnost	Dobri. Emisije polutanata ispod granično dozvoljenih po EU regulativi
2	***Gradi se TEP-II***			
	Izgradnja nove jedinice TE „Pljevlja“-II i nastavak rada proizvodnje električne energije iz uglja pljevaljskog basena. Blok I će do 2022. godine raditi 20.000 h, kad će biti biti ekološki saniran, a od 2022.godineće raditi 3500h/god u periodu povoljnih cijena kWh na tržištu.	NPV2(>NPV1) +NPV1 > 0	- Pozitivni ekonomski parametri projekta. - Rast izvoza EE. - Povećanje stepena iskorišćenja kapaciteta HVDC kabla IT-MNE. - realizacija planova Strategije razvoja energetike CG do 2030.godine. - Rješavanje ključnih ekoloških problema Pljevalja (toplifikacija iz TEP). - Manja ulaganja u ekološku sanaciju TEP-I.	Dobri. Emisije polutanata ispod granično dozvoljenih po EU regulative.

Sprovedena analiza pokazuje da opcija gradnje nove jedinice TEP-II, uz ekološku rehabilitaciju postojeće TEP-I, daje maksimalne pozitivne ekonomske efekte, sa minimalim uticajima na životnu sredinu.

3.3. *Osnovni pokazatelji projekta TEP-II*

Kratak opis investicije:

- optimizacija proizvodnog kapaciteta TEP na lokaciji postojećeg bloka TEP-I, na bazi rezervi uglja u pljevaljskom basenu,
- maksimalno iskorišćenje postojeće zajedničke infrastrukture TEP-I i TEP-II, realizovane pri izgradnji TEP-I.

Ciljevi investicije:

- nastavak proizvodnje električne energije iztermoenergetskog kompleksa Pljevlja,
- osiguranje energetske nezavisnosti države,

- obezbjeđenje sigurnosti snabdjevanja potrošača električnom energijom,
- dobijanje još bolje strukture proizvodnje EPCG, a samim tim i konkurentnije učešće EPCG na tržištu električne energije,
- povećanje profitabilnosti termo-energetskog kompleksa u Pljevljima,
- optimalna i efikasna valorizacija rezervi uglja u pljevaljskom basenu,
- rješavanje ključnog problema životne sredine pljevaljske kotline u grejnoj sezoni(projekat toplifikacije grada sa TE kao baznim toplotnim izvorom),
- direktni i indirektni efekti na privredu regiona, individualni i društveni standard.

Glavni tehnički parametri nove jedinice

Rezerve uglja

Sirovinsku osnovu za novu energetsku jedinicu čini ugalj pljevaljskog basena. Prema dosadašnjim istraživanjima uglja i ovjerenim Elaboratima (ležište Mataruge se posmatra zasebno) rezerve uglja u pljevaljskom basenu i gravitirajućim manjim ležištima iznose 82.188.446 tona.

Za potrebe snabdijevanja termoelektrane za blok I i blok II snage 220-260 MW u narednom periodu potrebno je oko 70 miliona tona uglja kvaliteta oko 9.500 kJ/kg pa je nesporno da se od postojećih rezervi od 82.188.446 tona može i realizovati.

Ako se na postojeće bilansne rezerve doda i 5 % količina međuslojne jalovine ili podinskih ugljeva lošijeg kvaliteta koje će se prilikom eksploatacije uglja otkopati, a čime će se smanjiti kvalitet uglja, onda bi eksploatacione rezerve uglja pljevaljskog basena sa ostalim manjim ležištima iznosile 86.297.868 tona.

Snaga i efikasnost TEP-II

Na bazi rezervi i kvaliteta uglja, pretpostavljenog rada postojeće jedinice TEP-I, kao i moguće efikasnosti glavne opreme, idejnim projektom predviđen je kondenzacioni blok TEP-II snage 254MW, sa mogućim oduzimanjem toplote za grijanje grada.

Za određivanje neto stepena efikasnosti novih energetskih jedinica su mjerodavne preporuke Evropske komisije, navedene u dokumentu *Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants*, 2017. godine i za elektrane na lignit iznosi 36,5 do 41,5% (za ulaznu toplotnu snagu manju od 1000MWth).Ugovorena vrijednost neto efikasnosti za TEP-II iznosi 39,5%.

Ekološki pokazatelji

Za tehnologiju sagorijevanja uglja u sprašenom stanju u TEP-II predviđene su i ugovorene najbolje raspoložive tehnike (BAT), koje uključuju sve mjere čišćenja otpadnih gasovau skladu sa *Directive 2010/75/Eu of The European Parliament and of the Council of 24 November 2010 On Industrial Emissions.*Zbog veće energetske efikasnosti, biće manje emisije CO_2 u odnosu na postojeće stanje. Predviđena je i toplotna stanica (maksimalne snage 75 MW_{th}) za obezbjeđenje toplotne energije za daljinsko grijanje grada, zbog čega će se smanjiti zagađivanja vazduha iz individualnih ložišta.

Novim dokumentom LCP BREF iz 2017 propisuju se nove, oštrije granične vrijednosti emisija (GVE) za postojeće i nove elektrane na čvrsta goriva koje će se implementirati u IED Direktivu do 2021.godine. Pregled ugovorenih i novih GVE za nove objekte dat je u Tabeli 2.

Tabela 2. Granične vrijednosti emisija (GVE) za postojeće i nove elektrane na čvrsta goriva

Polutant	Directive 2010-75-EU (ugovorene vrijednosti)	LCP Bref 2017 - DECISION (EU) 2017/1442
SO_2	$\leq$ 150 mg/Nm^3	$\leq$ 75 mg/Nm^3
NO_X	$\leq$ 200 mg/Nm^3	$\leq$ 85 mg/Nm^3
CO		$\leq$ 100 mg/Nm^3
Praškaste materije	$\leq$ 10 mg/Nm^3	$\leq$ 5 mg/Nm^3
HCl, HF, Hg	-	$\leq$ 3 mg/Nm^3, $\leq$ 2 mg/Nm^3, $\leq$ 4 mg/Nm^3

Promjena graničnih vrijednosti emisija će zahtijevati i dodatna finansijska ulaganja u projekat, ali ne u značajnoj mjeri, obzirom da su u ugovorenim tehničkim rješenjima već u velikoj mjeri i anticipirana ova pooštravanja ekoloških zahtjeva (rezervni red mlaznica u adsorberu i rezervna pumpa za mokri postupak DeSOx, SCR tehnologija za DeNOx i dr).

3.4. *Realizacija projekta TEP-II u kontekstu napora za smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte (GHG)*

Crna Gora je potpisnik Pariskog sporazuma, globalnog sporazuma o borbi protiv klimatskih promjena koji je usvojen je krajem 2015.godine, a stupio je na snagu 4. decembra 2016. godine. U naporima da se umanje ili

spriječe negativni efekati klimatskih promjena, Crna Goraje planirala da smanji emisiju GHG gasova za najmanje 30% do 2030. godine u odnosu na baznu 1990. godinu.

U 2013. godini ostvareno je značajno smanjenje emisija GHG od oko 40% u odnosu na nivo iz 1990.godine i to prvenstveno smanjenjem aktivnosti u sektoru industrijskih procesa (Kombinat aluminijumaPodgorica) i u sektoru poljoprivrede, što je učinilo da sektor energije u 2013. godini poveća svojerelativno učešće u ukupnim emisijama GHG bez ponora na čak 76%.

U narednom razvojnom periodu, koga prate ambiciozni razvojni projekti u raznim sektorima, među kojima su i revitalizacija TEP-I i gradnja nove jedinice TEP-II, projektovano smanjenje emisija GHG u 2030. godini u odnosu na baznu godinu biće smanjeno na 33,5%. Međutim, to i dalje znači da će Crna Gora ispuniti svoju međunarodno preuzetu obavezu i dati nacionalni doprinos smanjenju negativnih efekata emisija GHG u 2030. u odnosu na 1990. godinu.

4. Zaključak

Bez obzira da li se proizvodi ili uvozi ugalj danas ponovo ima ključnu ulogu za sigurnost u ekonomsku efikasnost mnogih geoprostora u oblasti proizvodnje električne energije.

Prema izvorima (Worald Enerdgy, 2007 godina), globalana potrošnja uglja u toj godini porasla je za 4,5%, što je značajno viši od desetogodišnjeg procesa 2,8 u globalnom rastu tražnje

Zaokret na uglju je izvjestan u mnogim zemljama glavni ekološki ciljevi koje treba rijesiti je korišćenje *čistog* uglja što bi eliminisalo razvojni limit ovog sektora.

Unapređenja se očekuju i u procesu finalizacije uglja povećanjem efikasnosti automatizacijom i digitalnim upravljanjem procesom.

Iz gore navedenog je jasno da Država Crna Gora potrebe za električnom energijom u dugoročnom periodu mora vezati za nastavak rada termoenergetskog kompleksa u Pljevljima i to kroz gradnju nove jedinice, koristeći postojeće resurse uglja u pljevaljskom basenu, prednosti postojeće lokacije i šanse koje pruža tržište električne energije u regionu, obzirom na projekciju odnosa potrošnja/proizvodnja u budućnosti, uz planiranu realizaciju drugih infrastrukturnih projekata koji će uticati na ukupno smanjenje emisija GHG u državi, a samim tim i na ublažavanje klimatskih promjena.

ANALIZA KLIZANJA KOSINE POVRŠINSKOG KOPA TAMNAVA ISTOK KAO ODNOS ČVRSTIH I PLASTIČNIH SLOJEVA

ANALYSIS OF SLOPES SLIDING ON OPENCAST MINE TAMNAVA EAST AS THE RATIO OF SOLID AND PLASTIC LAYERS

Stojaković M.[1], Žujović T.[2]

Apstrakt

Na površinskom kopu Tamnava - Istok je 1993. godine došlo do klizanja zapadne završne kosine. Taj događaj nije docoljno analiziran. Cilj ovog rada je pokušaj da se objasni neobičan mehanizam klizanja kosine. Prava analiza mehanizma rušenja daje mogućnost izbora načina proračuna stabilnosti.

Ključne reči: Rušenje kosine, mehanizam rušenja kosine, način proračuna stabilnosti

Abstract

In 1993 in the opencast mine Tamnava - East the west final slope slid. That event wasn't properly analyzed. The aim of this paper is to try to explain the unusual sliding mechanism of the slope. Appropriate analysis of the sliding mechanism gives the possibility to choose the stability calculation mode.

[1] Mr Stojaković Milan, dipl.inž.rud. u penziji
[2] Žujović Tomislav, dipl.inž.rud. u penziji

Key words: Slope sliding, slope sliding mechanism, wave of stability calculation

1. Uvod

Površinski kop Tamnava Istok pripadao je kolubarskom basenu. Proizvodnja uglja počela je 1978. ili 1979. godine. Proizvodnja uglja i otkopavanje otkrivke tekli su normalno, bez većih teškoća. Međutim, krajem leta 1993.godine, došlo je do klizanja zapadne završne kosine. U kop je tada otklizalo par milioma m^3 različitog materijala. Proizvodnja uglja bila je u prekidu oko dve nedelje. Šteta na opremi nije bila velika, jer su mašine na vreme sklonjene. Klizišta su deo problema koji se često javlja na površinskim kopovima i zbog toga su i ovaj događaj pratile određene analize, ali je nakon toga ubrzo zaboravljen. Međutim, osnovni proračun stabilnosti pri projektovanju, kao i proračun posle klizanja nisu odgovarali mehanizmu klizanja.

Postoji potreba da se ponovo analizira mehanizam klizanja, uz poštovanje svih faktora koji su se desili, a bili su važni. Tek kada se dođe do verovatnog mehanizma klizišta, treba da se pronađe način proračuna stabilnosti.

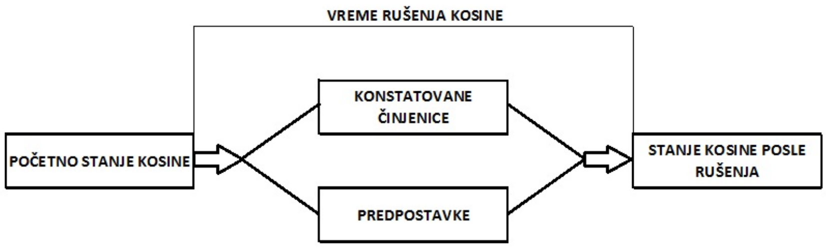
2. Analiza pojave klizišta na površinskom kopu Tamnava - Istok

Algoritam koji bi analiza procesa trebalo da prati obuhvata sledeć faktore:

1. Događaj se odigrao izmrđu dva referentna stanja početnog i završnog.
2. Tokom samog pomeranja i klizišta potrebno je od početnog do krajnjeg završnog stanja uključiti sve vidljive međufaze, al i utvrditi šta se moralo desiti, a da se nije moglo videti.

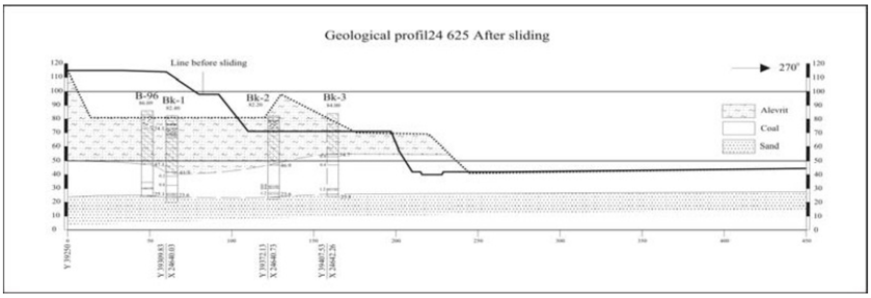
Od početnog stanja do krajnjeg stanja, kao i svi *vidljivi* događaji tokom procesa klizanja moraju biti jasni i kao takvi ne mogu se dovoditi u pitanje.

Može se diskutovati (i treba) o svim onim događajima koji nisu mogli biti jasno vidljivi. Cela kompozicija mora imati jasan fizički tok (Slika 1).



Slika 1. Algoritam analize rušenja kosine

Samo klizanje trajalo je desetak sekundi, ali je prvo pomeranje kosine primećeno desetak sati pre rušenja kosine. Prva manifestacija bila je pukotina na asfaltnom putu, zatim pomeranje kosine uglja na kojoj su bile naslonjene cevi za odvodnjavanje. Nakon toga je primećena velika pukotina paralelna sa kosinom dužine oko 500 m i širine 1 m. Cela pukotina bila je maskirana vegetacijom, pa se nije mogla odmah videti. Za vreme pregleda kosine konstatovano je da se cela serija kreće po proslojku sivozelene gline debljine oko 1 m. Ovo su osnovne činjenice koje definišu smer analize procesa rušenja.

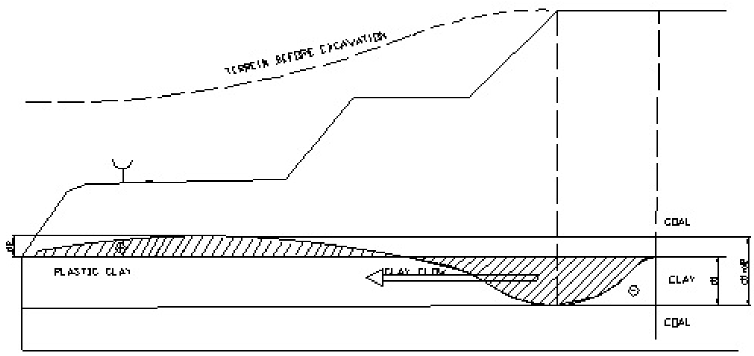


Slika 2. Profili kosine pre i posle rušenja

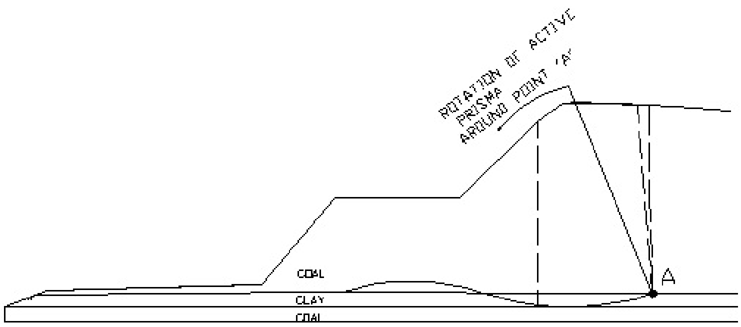
Jasno se vidi da je klizanje nastalo odvajanjem aktivne prizme i njenim klizanjem po kosoj ravni. Na taj način pasivna prizma je pomerena ka kopu za oko 70 m.

Pošto se aktivna prizma formirala i odvojila od kosine i pasivne prizme morala se podeliti jednom ili više kosih ravni. To je jedini način da se objasni stanje viđeno na terenu. Ceo proces je šematski prikazan na

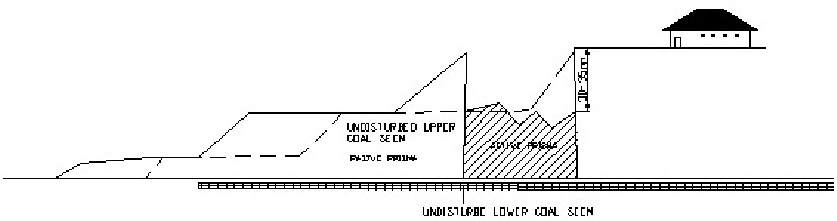
slikama 3, 4 i 5.



Slika 3. Isticanje gline iz dela kosine sa visokim normalnim naponom u deo kosine sa otkopanim otkrivkom i ugljem i smanjenim normalnim naponom



Slika 4. Formiranja aktivne prizme rotaciom oko take A, zbog isticanja gline



Slika 5. Završna faza rušenja kosine

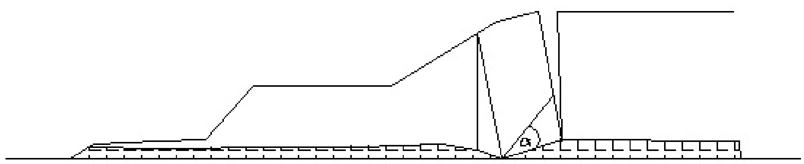
Osnovno pitanje je kako je došlo do formiranja prizmi. Jasno je i da je

osnovni uzrok izmenjena geometrija prirodne kosine zbog rudarskih radova.

Smatramo da je suština u činjenici da je glina iz proslojka, koja predstavlja reološki material, istekla iz dela kosine sa velikim normalnim naponom u deo kosine gde je ovaj napon umanjen otkopavanjem otkrivke i uglja. Dakle, u osnovi problema leži odnos čvrstog i plastičnog materijala kosine. Tok gline nije trenutni hidraulički, već reološki, odnosno više vremenski zavisan. Zbog toga je kosina bila stabilna skoro dve godine.

Kada je glina istekla iz dela kosine sa visokim δ u deo sa umanjenim δ, ravan kontakta donjeg dela ugljenog sloja i gline se deformisala. (ugnula)**. *Ugljeni sloj je u toj zoni bio opterećen naponima savijanja zbog sopstvene težine.*** Budući da je ugalj vrlo krt material, došlo je do njegovog pucanja i formiranja aktivne, ali i pasivne prizme (Slika 6). To je vreme neposredno pre glavnog klizanja. Dakle, konstatovano je pomeranje pasivne prizme na kopu po proslojku i odvajanje aktivne prizme od osnovnog masiva.

Sledeće što se moralo desiti je stvaranje kose ravni u aktivnoj prizmi, a tek zatim bi došlo do klizanja. Kosa ravan se stvorila u aktivnoj prizmi zbog njene sopstvene težine (analogija sa ispitivanjem uzoraka na presi u geomehaničkoj laboratoriji).



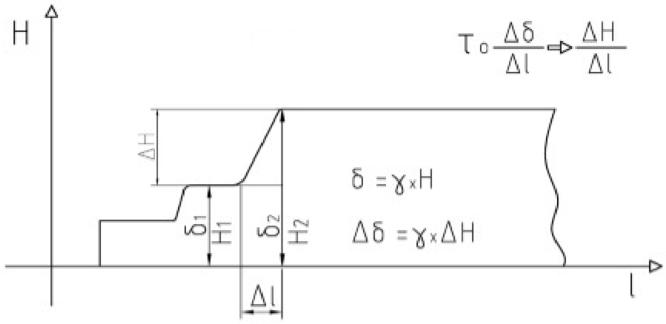
Slika 6. Klizanje pasivne prizme po proslojku gline

Prikazani mehanizam klizanja zapadne završne kosine površinskog kopa Tamnava Istok po našem mišljenju potpuno objašnjava ceo proces. Objašnjenje obuhvata sve međufaze klizanja od početnog do završnog stanja kosine. Ono sadrži dve činjenice i pretpostavke potrebne za potpuno i logično objašnjenje procesa.

Sledeće pitanje koje se nameće, i zbog koga se vrši analiza je način, lokacija i vreme početka proračuna stabilnosti kosine.

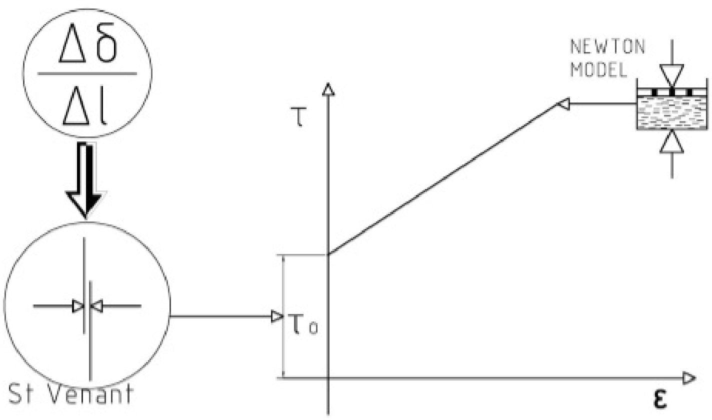
Kao što je već konstatovano, suština nestabilnosti je poremećeno prirodno stanje napona u odnosu čvrstog i plastičnog, odnosno reološkog

materijala od čijih je slojeva kosina sagrađena. Tok gline iz dela visokog σ u deo sa malim σ započinje kada razlika napona u pomenutim delovima pređe neki prag. Takođe je važno da rastojanje između oblasti sa različitim σ bude dovoljno malo. Potrebno je da Δσ/Δl bude dovoljno veliko da započne tečenje (Slika 7).



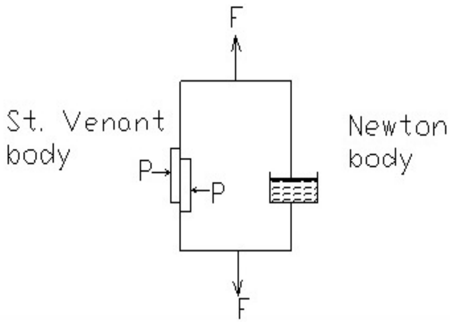
Slika 7. Kriterijum za početak tečenja gline

Na Slici 8, na dijagramu je prikazana reološka karakteristika tečenja. Ovaj reološki model je u literaturi poznat kao St. Venantov model.

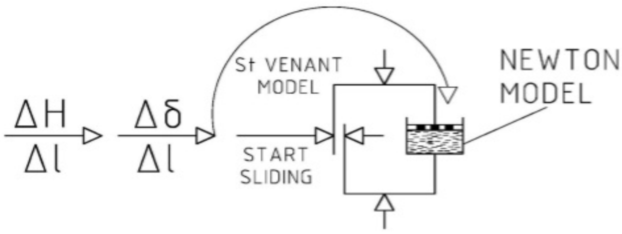


Slika 8. St. Venantov i Njutnov model tečenja reoloških tela

Dalji proces tečenja poznat je kao Njutnovo reološko telo. (Slika 8). Kombinacija ova dva reološka modela u paralelnoj vezi daje opis celog procesa i poznat je kao Bingamov reološki model (Slika 9). Šematski prikaz uzroka i načina tečenja gline u proslojku uglja prikazan je na Slici 10.



Slika 9. Bingamov model tečenja reoloških materijala



Slika 10. Šematski prikaz uzroka i načina tečenja gline u proslojku uglja

Ovo je pojednostavljeno objašnjenje. Svakako treba uzeti u obzir elastične osobine i krutost sloja uglja i pontske gline koji se nalaze iznad sloja sivozelene gline. Kada je reč o usvajanju metode proračuna stabilnosti, mislimo da bi najprikladnija bila metoda proračuna napona konačnim elementima.

Pored ove metode konačnih elemenata, metoda proračuna prikazana kod autora profesora Stojana Hristova bi, takođe, došla u obzir. Međutim, u tom slučaju bi trebalo prilagoditi oblik pasivne prizme stvarnom događaju. Tda se otvara diskutabilno pitanje kako odrediti položaj i veličinu aktivne prizme. Glavni nedostatak ove metode je bio što je kod provere stabilnosti kosine koja se srušila koeficijent sigurnosti iznosio oko 2.Ovu metodu proračuna stabilnosti koriste kolege u rudniku Marica u Bugarskoj. Smatramo se da je metoda odlična za njihove uslove, posebno za odlagališta.

Kada je reč o proračunu stabilnosti koji je posle klizanja uradila grupa eksperata, on bi se odnosio na mehanizam klizanja posle formiranja prizmi. U tom proračunu nema kohezije između prizmi, što je važan faktor stabilnosti.

3. Zaključak

Klizanje kosine izlazi iz okvira klasičnih teorija i proračuna, pa je zato nerazumljivo i neprihvatljivo, naročito u vreme kada se u proračunima uglavnom koriste računari i standardizovani programi, ne vršiti detaljnije analize. Iz tog razloga je potrebno da se ovaj problem analizira na predloženi način, pa da se onda, ako se prihvati kao tačan ili moguć, pristupi proračunu stabilnosti. Iz razgovora sa geomehaničarima uvideli smo da, i pored velikog iskustva, način proračuna korišćenjem samo računara donosi nerazumevanje ovog pristupa, koji smatramo ispravnim.

Literatura

1. Lazić, A.: Projektovanje površinskih kopova sa modeliranjem sistema eksploatacije, Rudarsko- geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2006.
2. Đukić, D.: Geomehanika u površinskoj eksploataciji, Institut za rudarska istraživanja Tuzla, IGTRO Univerzal, OOUR Izdavačka delatnost Tuzla, 1984.
3. Dopunski rudarski projekat Tamnava - Istočno Polje
4. Izveštaj komisije o uzroku nastanka klizanja
5. Obradović R., Najdanović S.: Geomehanika u inženjerskoj praksi
6. Dražan Đ.: Geomehanika u površinskoj eksploataciji

HIDRODINAMIČKI PRORAČUN ZAŠTITE POVRŠINSKOG KOPA LIGNITA DRMNO BUNARIMA OD PODZEMNIH VODA U TOKU 2017. GODINE

HYDRODYNAMIC CALCULATIONS FOR THE PROTECTION OF SURFACE LIGNITE MINE DRMNO FROM GROUNDWATER WITH WELLS DURING YEAR 2017

Šubaranović T.[1], Stojićević Z.[2], Marinković Lj.[3], Ilić S.[4]

Apstrakt

Površinski kop Drmno ima stabilnu proizvodnju od 9 miliona tona lignita godišnje. Kako bi nastavio sa sigurnom proizvodnjom, neophodno je stvoriti povoljne uslove za eksploataciju. To podrazumeva i suvu radnu sredinu, za šta je potrebno imati kvalitetan sistem odvodnjavanja.

Kako bi se isprojektovao kvalitetan sistem odvodnjavanja podzemnih voda, potrebno je izraditi hidrodinamički model ležišta, preko koga će se izvršiti hidrodinamički proračuni objekata odvodnjavanja. U ovom slučaju to su drenažni bunari. U ovom radu je prikazan hidrodinamički proračun zaštite površinskog kopa Drmno bunarima od podzemnih voda za 2017. godinu.

Ključne reči: Drmno, hidrodinački proračun, podzemne vode, odvodnjavanje

[1]Doc. dr Šubaranović Tomislav, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
[2] Stojićević Zoran, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak TE-KO Kostolac
[3] Marinković Ljubiša, JP Elektroprivreda Srbije, Ogranak TE-KO Kostolac
[4]Doc. dr Ilić Saša, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

Abstract

The surfacemine Drmno has a stable production of 9 million tons of lignite per year. In order to continue with safe production, it is necessary to create favorable conditions for mining. This includes having a dry working environment, which is achieved by having a quality dewatering system. In order to design a quality groundwater dewatering system, a hydrodynamic model of the deposit should be developed, which is then used for the hydrodynamic calculations of the dewatering facilities. In this case, drainage wells. A hydrodynamic calculation for the protection of surface mine Drmno from groundwater using wells, for the period of 2017, is presented in this paper.

***Key words**:* Drmno, hydrodynamic calculations, groundwater, dewatering

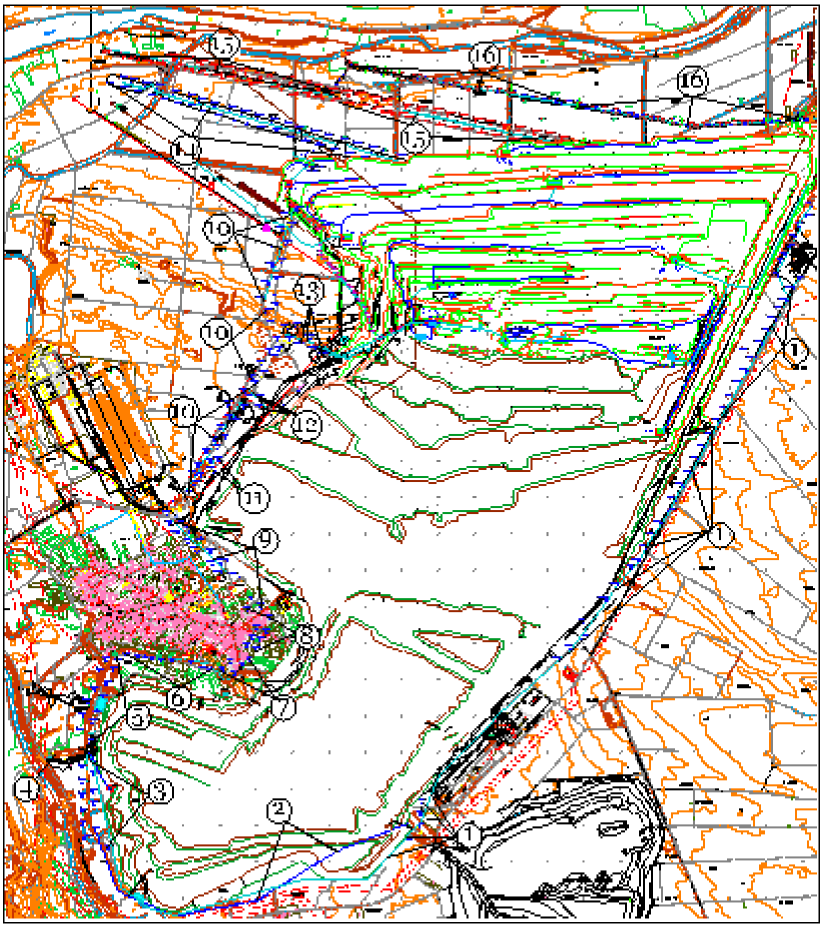
1. Uvod

Ležištelignita Drmno u Kostolačkom basenu zauzima površinuod oko 50 km^2,a granicu mu čine: reka Dunav na severu, Boževačka greda na istoku, linija Bradarac-Sirakovačka dolina na jugu i reka Mlava na zapadu. Zahvata atar sela Drmno po kome je i dobilo ime, ali takođe zahvata i deo atara susednih sela Bradarca i Kličevca.

Kostolačkiugljonosni basen i u okviru njega ležište Drmno predstavlja u hidrogeološkom i hidrodinamičkom pogledu složen basen. Uglavnom je definisan prostorni položaj vodonosnih horizonata kao i režim podzemnih voda i njihova hidraulička veza sa površinskim tokovima Mlave i Dunava.

Sistem zaštite od podzemnih voda na površinskom kopu Drmno je kombinovanog tipa, odnosno sastoji se iz drenažnih bunara, vodonepropusnog ekrana, etažnih kanala, vodosabirnika i pumpnih stanica. Osnovu čine baraže bunara koje su postavljene po konturama eksploatacionog polja (Slika1.1).Bunari dreniraju sve vodonosne horizonte u povlati III ugljenog sloja i postavljeni su po grupama linija A, B i C (Slika 1.1).

Baraža A se nalazi na jugoistoku (ŠLA), baraže B su locirane na zapadu i severozapadu (LB-II, LB-III, LB-IV i LB-V), dok su baraže C locirane na severoistoku (LC-VII, LC-VIII', LC-XII, LC-XIII i LC-XIV′). Baraže bunara A i B su po obodu površinskog kopa i stalne su, dok su baraže C upravne na pravac napredovanja fronta radova i privremenog su karaktera.



Slika 1.1. Stanje sistema zaštite od podzemnih voda 31.12.2015. godine

1 – Bunari baraže ŠLA	2 – Vodonepropusni ekran	3 – Bunari baraže LB-II
4 – Prelivna stanica na Mlavi	5 – Bunari baraže LB-III	6 – Bunari baraže LC-4
7 – Bunari DB	8 – Bunari baraže LB-IV	9 – Bunari baraže LC-V
10 – Bunari baraže LB-V	11 – Bunari baraže LC-VI	12 – Bunari baraže LC-VII
13 – Bunari baraže LC-VIII'	14 – Bunari baraže LC-XII	15 – Bunari baraže LC-XIII
	16 – Bunari baraže LC-XIV′	

2. Postavka hidrodinamičkog proračuna

Hidrodinamički model površinskog kopa Drmno je koncipiran i izrađen kao višeslojeviti model, sa ukupno šest slojeva. Svaki od ovih slojeva odgovara određenom realnom sloju, šematizovanom i izdvojenom na osnovu poznavanja terena i rezultata sprovedenih analiza obimnih

terenskih istražnih radova. Posmatrano od površine terena, korespodentni slojevi modela i terena su:

- I vodonosni sloj (povlatni aluvijalni i lesni sedimenti);
- II vodonosni sloj (pretežno šljunkoviti vodonosni sloj);
- III vodonosni sloj (peskoviti i glinoviti sloj u povlati II ugljenog sloja, koji istočno prelazi u povlatni peskoviti sloj III ugljenog sloja);
- IV izolatorsko-vodonosni sloj (II ugljeni sloj koji istočno prelazi u povlatni peskoviti sloj III ugljenog sloja);
- V vodonosni sloj (peskoviti sloj koji leži u povlati III ugljenog sloja, a u zapadnom delu leži preko VI sloja);
- VI vodonosni sloj (II ugljeni sloj koji istočno prelazi u prašinasto-peskoviti sloj koji leži u povlati III ugljenog sloja, a u delu gde on izostaje povlatu III ugljenog sloja čine peskovi).

U skladu sa usvojenom dinamikom razvoja površinskog kopa Drmno[1], definisane su konture fronta napredovanja kopa u celini, u karakterističnim vremenskim presecima. U skladu sa datim konturama, usvojeno je skokovito pomeranje fronta radova površinskog kopa u istim vremenskim presecima i u hidrodinamičkim proračunima.

Predmet hidrodinamičkih proračuna na modelu predstavlja određivanje broja i lokacija bunara u okviru drenažne linije LC-XV koja se aktivira 01.06.2017.godinesapratećim obodnim linijama bunara. Drenažna linija LC-XVsastoji se od jednog niza višesegmentnih bunara koji dreniraju i aluvijalne šljunkove i peskove u povlati III ugljenog sloja. Ukupno 48 bunara činiće dranžnu liniju LC-XV.Na zapadu se nalaze obodne linije bunaraLB-V i LB-V'. Bunari duž istočnog oboda kopa počinju da rade od 01.06.2016. godine (bunari ŠLA-79 do ŠLA-85).

Pored ovih bunara, za sprečavanje doticaja sa zapada, izrađuje se linija LC-XI' u svemu prema Projektu Kolubara projekta[5], koja u prognoznim proračunima započinje sa radom 01.06.2017. godine. Takođe, prema istom projektu zadano je 9 bunara drenažne linije IB-II koji započinju sa radom 01.06.2017. godine. Preostali, neizvedeni, bunari drenažne linije LC-XIV aktiviraju se od 01.07.2016. godine. Pored karakteristika drenažnih linija, predmet analize bila je i veličina početnih kapaciteta bunara u okviru baraža bunara.

Za proračune usvojen je period od 01.01.2016. godine, do 31.12.2017. godine. U proračunima proticaji bunara na površinskom kopu su zadavani, imajući u vidu nekoliko kriterijuma i ograničenja:

- Vek trajanja bunara, koji se nalaze na pravcu fronta napredovanja površinskog kopa je kratkotrajan i zavisi od dinamike napredovanja otkopavanja otkrivke. Tokom vremena, kako

napreduju etaže na otkrivci, bunar se postepeno skraćuje, a njegova izdašnost smanjuje, do konačnog isključenja, odnosno uništenja bunara.

- Bunari duž obodnih baraža (uglavnom LB-V, ŠLA) se ne uništavaju i trajno ostaju u pogonu. Njihovi kapaciteti se donekle smanjuju tokom vremena, ali sporije nego kapaciteti bunara u okviru zone otkopavanja otkrivke.
- Početni kapaciteti bunara ne smeju biti preveliki, jer se na taj način postižu željeni efekti odvodnjavanja i pored naglog sniženja nivoa u bunaru - u njegovoj okolini ne formira se odgovarajuća depresija. Ovo je posledica filtracionih i granulometrijskih karakteristika porozne sredine povlatnih (peskovitih) sedimenata uglja.
- Paralelno sa postepenim oceđivanjem i opadanjem nivoa podzemnih voda duž baraža, proticaji bunara se smanjuju na odgovarajući način.

Hidrodinamički proračuni su realizovani u nestacionarnom režimu strujanja, uzimajući u obzir i zadajući sve dominantne parametre režima podzemnih voda površinskog kopa:

- kapaciteti bunara i zone isticanja na kosinama su zadavani u skladu sa prethodno pomenutim,
- vodostaj površinskih tokova i padavine su zadavani u vrednostima koje su korišćene u rekalibraciji hidrodinamičkog modela.

Osnovni proračunski korak je bio mesec dana, koji je na nižem nivou iteracija podeljen da 10 delova, nejednakog trajanja (faktor 1,2).

3. Rezultati hidrodinamičkih proračuna

Rezultati hidrodinamičkihproračuna su interpretirani i prikazani na sledeći način:

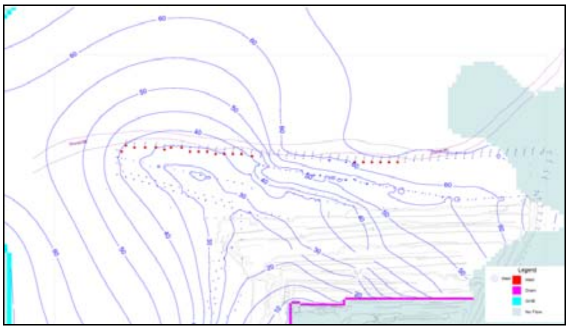
- za prikaz rezultata proračuna usvojena su tri karakteristična vremenska preseka i to: kraj 2016. godine, 31.05.2017. godine i kraj 2017. godine,
- pijezometarski nivoi u peskovitim sedimentima u povlati III ugljenog sloja dobijeni proračunima, prikazani su u obliku karata hidroizohipsi koje su date sa ekvidistancom od 5 m,
- bilans podzemnih voda prikazan je preko bilansa pojedinačnih bunara u okviru baraža LC-XIV i LC-XV uključujući i novoizgrađene bunare drenažnih linija ŠLA i LB-V, preko ukupnog bilansa celih drenažnih linija LC-XIV i LC-XV ispred

konture napredovanja kopa, i obodnih bunara (novih) smeštenih u navedenim baražama.

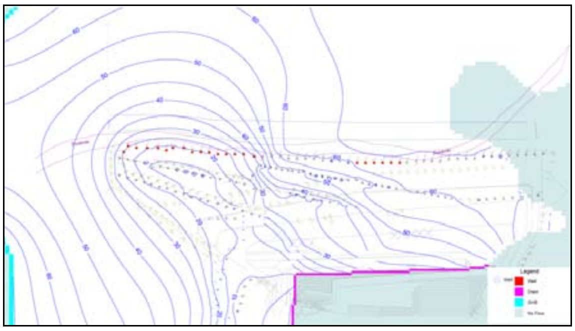
- isticanje podzemnih voda iz kosine ugljene etaže duž fronta napredovanja kopa.

Na Slikama 3.1, 3.2 i3.3, prikazane su karte rasporeda pijezometarskog nivoa u peskovitom vodonosnom sloju u povlati III ugljenog sloja, za odabrane vremenske preseke.

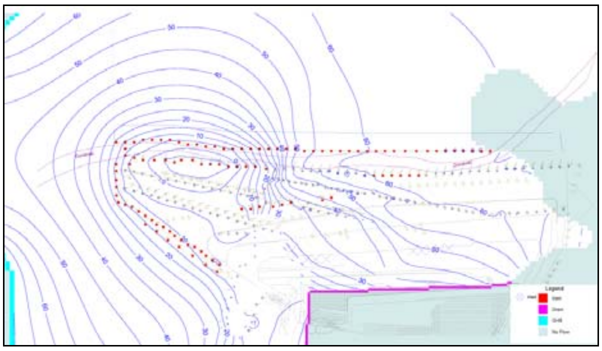
Bunari su u modelu zadavani preko svojih proticaja. Pijezometarski nivoi u poljima sa zadatim proticajima (bunarima) nikako ne mogu biti i realni u bunarima, iz dva razloga. Prvi i osnovni je taj što se ni približno ne znaju hidrauličke karakteristike projektovanih bunara i njihove prifiltarske zone. Drugi razlog je na određeni način posledica prvog, a to je da su bunari reprezentovani sa poljima diskretizacije dimenzija 10*10 m. Detaljnija diskretizacija strujnog polja bi nepotrebno opterećivala model i komplikovala proračune, posebno u domenu trajanja proračuna.



Slika 3.1. Raspored pijezometarskog nivoa u peskovima iznad III ugljenog sloja (kraj 2016. godine)



Slika 3.2. Raspored pijezometarskog nivoa u peskovima iznad III ugljenog sloja (31.05.2017. godine)



Slika 3.3. Raspored pijezometarskog nivoa u peskovima iznad III ugljenog sloja (kraj 2017. godine)

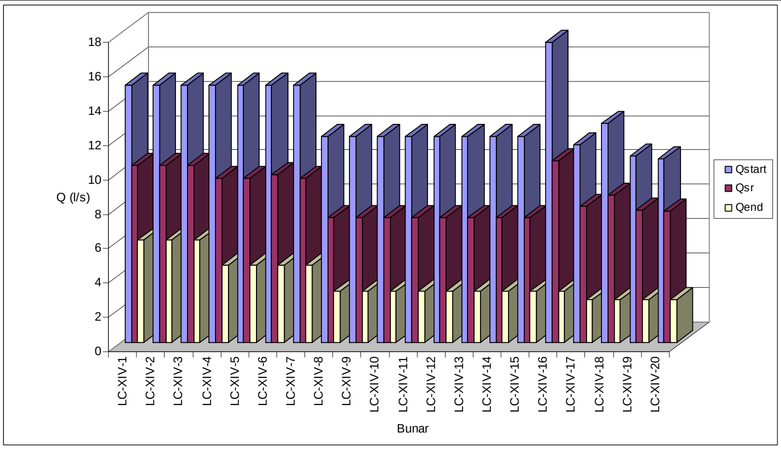
Dakle, pijezometarski nivoi u poljima sa zadatim bunarskim proticajima su ustvari reprezentativni nivoi u ovim poljima. Inače, svaki bunar je postavljen u posebnom polju diskretizacije, a maksimalna greška u postavci njegove lokacije je do ± ~5 m.

Od suštinskog značaja za pravilno planiranje i projektovanje bunarskog sistema jeste definisanje kriterijuma njegovog racionalnog rada, kao što su: početni kapaciteti, željena brzina opadanja nivoa, referentni nivoi prelaska većeg proticaja na manji, veličina novih, manjih proticaja, referentni nivoi minimalnog kapaciteta.

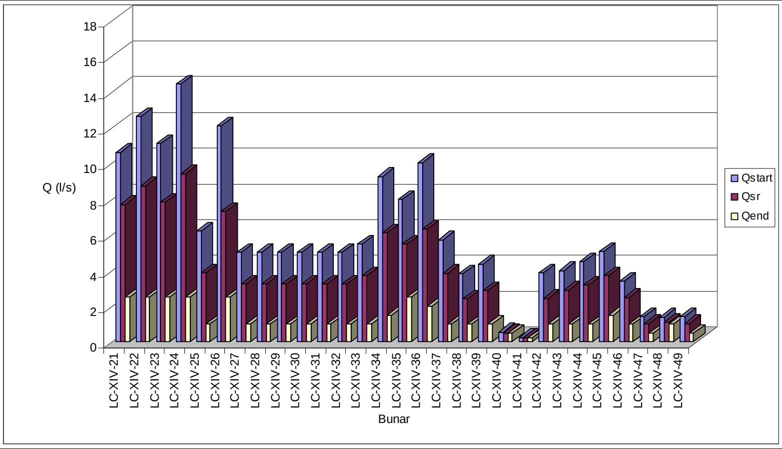
Sa prikazanih karata rasporeda pijezometarskih nivoa se može zaključiti da se u povlatnim peskovima III ugljenog sloja uočava značajan efekat rada drenažnih bunara. Evidentna je razlika između strujne slike podzemnih voda unutar krajnjih kontura drenažnog sistema i područja izvan ove konture. Usled intenzivnog rada bunarskog sistema, unutar kontura drenažnog sistema dolazi do znatnog obaranja pijezometarskog nivoa podzemnih voda u povlatnim peskovima.

Na Slikama 3.4 do 3.6 grafički su prikazane početne, srednje i završne pojedinačne vrednosti izdašnosti bunara u baražama LC-XIV, LC-XV, ŠLA i LB-V za period 31.12.2016.- kraj 2017.godine.

a)

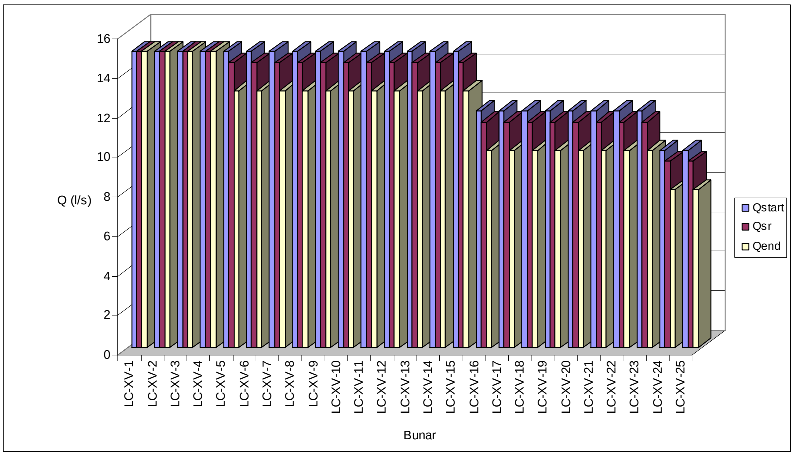


b)

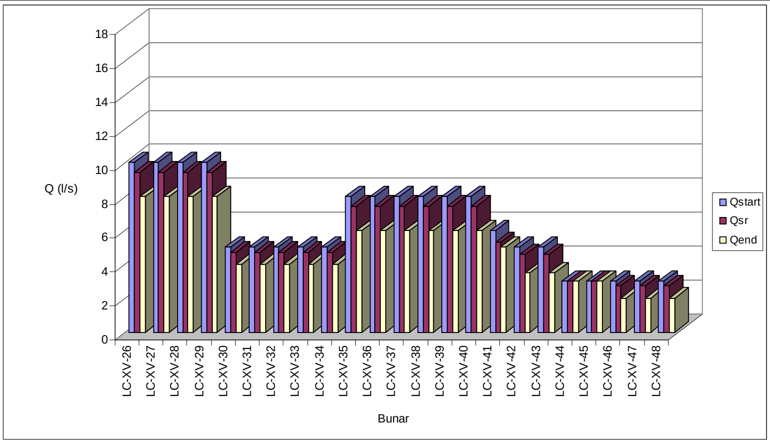


Slika 3.4. Prikaz početnih, srednjih i završnih vrednosti proticaja drenažnih bunara linije LC-XIV za period 01.01.2016.- 31.12.2017.

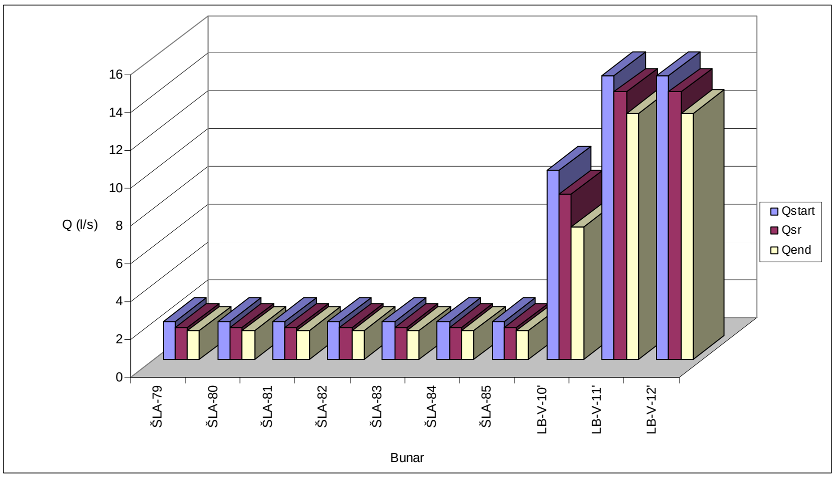
a)



b)



Slika 3.5. Prikaz početnih, srednjih i završnih vrednosti proticaja drenažnih bunara linije LC-XV za period 01.06.2017.- 31.12.2017.



Slika 3.6. Prikaz početnih, srednjih i završnih vrednosti proticaja novih drenažnih bunara linija ŠLA i LB-V za period 01.07.2016.-31.12.2017.

Sa prikazanih Slika 3.4, 3.5 i 3.6, na kojima su prikazani početni, srednji i završni proticaji bunara u linijama LC-XIV, LC-XV i ŠLA, uočava se generalno smanjenje proticaja bunara u analiziranom vremenskom periodu. Izraženije opadanje proticaja bunara u liniji LC-XIV javlja se počev od 01.06.2017. godine kao posledica uključenja bunara u drenažnoj liniji LC-XV. Navedeno je posledica stvaranja hidrauličke zavese u odnosu na doticaj podzemnih voda sa severa.Novoizgrađeni bunari linija ŠLA imaju manje opadanje proticaja, dok novi bunari linije LB-V zadržavaju početne proticaje zbog kratkog vremena simuliranja njihovog rada.

4. Zaključak

Hidrodinamički proračuni su realizovani u nestacionarnom režimu strujanja, uzimajući u obzir i zadajući sve dominantne parametre režima podzemnih voda površinskog kopa. Osnovni proračunski korak je bio mesec dana, koji je na nižem nivou iteracija podeljen da 10 delova, nejednakog trajanja (faktor 1,2).

Usled intenzivnog rada bunarskog sistema, unutar kontura drenažnog sistema dolazi do znatnog obaranja pijezometarskog nivoa podzemnih voda u povlatnim peskovima. Izraženije opadanje proticaja bunara u liniji LC-XIV javlja se počev od 01.06.2017. godine kao posledica uključenja bunara u drenažnoj liniji LC-XV.Navedeno je posledica stvaranja hidrauličke zavese u odnosu na doticaj podzemnih

voda sa severa.

Novoizgrađeni bunari linija ŠLA imaju manje opadanje proticaja, dok novi bunari linije LB-V zadržavaju početne proticaje zbog kratkog vremena simuliranja njihovog rada.

Literatura

1. Univerzitet u Bogradu, Rudarsko-geološki fakultet : Glavni rudarski projekat površinskog kopa Drmno za kapacitet $9*10^6$ tona uglja godišnje, Beograd, 2008.
2. Univerzitet u Bogradu, Rudarsko-geološki fakultet: Uprošćeni rudarski projekat zaštite površinskog kopa Drmno od podzemnih voda zamenskim bunaima na delovima baraža bunara LC-IX' i LC-X, Beograd, 2009.
3. Univerzitet u Bogradu, Rudarsko-geološki fakultet: Uprošćeni rudarski projekat odvođenja voda po zapadnoj granici PK Drmno (u zoni proširenja fronta radova do dostizanja konačne zapadne granice PK Drmno), Beograd, 2011.
4. Univerzitet u Bogradu, Rudarsko-geološki fakultet: Tehnički rudarski projekat PK Drmno za kapacitet $9*10^6$ tona uglja godišnje, Knjiga 3 - Tehnički projekat zaštite kopa od voda, Beograd, 2014.
5. JP EPS Beograd, Ogranak RB Kolubara, Organizaciona celina Projekat, Projekat drenažnih linija bunara LC-XI' i nastavak LB-V i IB-2 kao zapadne granice odvodnjavanja PK Drmno, Lazarevac, 2016.
6. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki falkultet: Tehnički rudarski projekat odbrane površinskog kopa Drmnood površinskih i podzemnih voda za period 2016. i 2017. godine, Beograd, Srbija, 2016.
7. Pavlović V., Šubaranović T., Polomčić D.: Sistemi odvodnjavanja površinskih kopova, Univerzitetski udžbenik, str. 522, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Srbija, 2012.

MENADŽERSKO UTVRĐIVANJE POSLOVA U PREDUZEĆIMA MINERALNOG SEKTORA

MANAGERIAL DETERMINATION OF JOBS OPERATIONS IN COMPANIES OF MINERAL SECTOR

Tošović R.[1]

Apstrakt

U savremenim uslovima funkcionisanja preduzeća mineralnog sektora poseban značaj ima primena menadžment koncepta i uspešno sprovođenje funkcija menadžmenta. Iako su značajne sve funkcije mendžmenta, s obzirom na strategijski karakter mineralnih rezervi, kao posebno bitna može se izdvojiti funkcija organizovanja. Organizovanje u mineralnoj ekonomiji prate posebne specifičnosti s obzirom na relativno dugačak period od prvog početnog koraka geoloških istraživanja, do kvalitativnog i kvantitativnog definisanja rudnih ležišta kao ekonomskog objekta, do početka eksploatacije i povraćaja uloženih finansijskih sredstava. Savremeni pristup organizovanju proizvodnje mineralnih sirovina ima dugoročni strategijski karakter, zbog čega je menadžersko utvrđivanje i definisanje potrebnih poslova u preduzećima mineralnog sektora, posebno značajno za uspešnost poslovanja.

Ključne reči: Menadžment, organizovanje, preduzeće, mineralni sektor

Abstract

[1] Prof. dr Radule Tošović, Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet

In modern conditions of the functioning of the mineral sector companies, the application of the management concept and the successful implementation of the management functions is of particular importance. Although all the functions of the management are significant, given the strategic character of the mineral reserves, the organizational function can be singled out as particularly important. Organization in the mineral economy follows specificities with regard to the relatively long period from the first initial step of geological explorations to the qualitative and quantitative definition of ore deposits as an economic object, until the beginning of exploitation and the return of invested funds. The modern approach to the organization of mineral resource production has a long-term strategic character, which is why the managerial determination and defining of the necessary jobs in the companies of the mineral sector is especially important for the success of the business.

Key words: Management, organization, company, mineral sector

Uvod

Aktuelnost menadžmenta kao znanja, veštine i posebne praktične discipline dolazi do naročitog izražaja u uslovima tranzicije privrede i mineralnog sektora zemlje. Strategijska orijentacija u privredi Srbije i u mineralnoj ekonomiji na tržišne uslove privređivanja nametnula je jasne ekonomske kriterijume poslovanja preduzeća mineralnog sektora. Geološka istraživanja, eksploatacija, priprema i tehnološka prerada različitih metaličnih, nemetaličnih i energetskih mineralnih sirovina sprovode se sa tržišnim zahtevom ekonomske isplativosti, zatim menadžerske i poslovne efikasnosti i efektivnosti.

Ograničenost materijalnih i ljudskih resursa za proizvodnju, a posebno ograničenost mineralnih resursa i rezervi, uz njihovu neobnovljivost i iscrpivost, uslovljavaju specifičnost mineralne ekonomije i posebnu složenost: (a) menadžmenta osnovnih poslovnih aktivnosti; (b) menadžmenta geoloških, rudarskih i tehnoloških aktivnosti i (c) menadžmenta mineralnih resursa. U zavisnosti od vrste i veličine preduzeća, kao i vrste i kvaliteta mineralne sirovine, koja je predmet privredne aktivnosti, neophodno je adekvatno obezbeđenje pripreme, koordinacije i kontrole rada izvršilaca svih radnih zadataka, poslova i aktivnosti u preduzeću.

U primeni uspešnog menadžment koncepta preduzeća mineralnog sektora prvenstveno je značajno definisanje ciljeva preduzeća, zatim načina i sredstava ostvarenja takvih ciljeva, kao i korišćenja rezultata

ostvarenog poslovanja. U sklopu utvrđivanja načina ostvarivanja ciljeva preduzeća neophodne su aktivnosti transformacije ciljeva u strategijske i operativne zadatke i povezivanja sa poslovima koje je neophodno obavljati [1]. U sklopu efikasnosti obavljanja poslova i efektivnosti korišćenja raspoloživog kapitala primenjuju se odgovarajuće funkcije menadžmenta: (a) planiranje; (b) organizovanje; (c) vođenje i (d) kontrola [1, 2], uz prateći menadžment ljudskih resursa.

U aktuelnom privrednom i ekonomskom trenutku, preduzeća mineralnog sektora u Srbiji imaju potrebu značajnog menadžerskog i organizacionog unapređenja poslovanja, naročito zbog primene tržišnih uslova poslovanja, koji zahtevaju ekonomske kriterijume poslovanja i uspešnog funkcionisanja [3, 4]. Zbog toga je razmatranje predmetne materije veoma značajno, posebno u delu sa menadžerskim sagledavanjem potrebnih poslova po funkciji oganizovanja.

Problematika tretirana ovim radom jednim delom polazi od osnovnih postavki ekonomike poslovanja, menadžmenta i menadžerske ekonomije [5-16]. Drugim delom predstavlja rezultat autorskih studioznih analitičko-sintetičkih, induktivno-deduktivnih i sistematičnih studijskih proučavanja u domenu menadžmenta, ekonomske ocene, mineralne ekonomije i poslovnog odlučivanja [17-22]. Osnovni cilj ovog rada je da ukaže na ulogu i značaj menadžerskog definisanja potrebnih poslova i poslovnih aktivnosti radi uspešnog ostvarivanja poslovnih ciljeva preduzeća i uspešnog ekonomskog poslovanja preduzeća mineralnog sektora.

1. Menadžersko utvrđivanje poslova

U menadžmentu mineralnog sektora funkcija organizovanja po svom karakteru i opštem menadžerskom pristupu [1, 2] sledi odmah nakon funkcije planiranja. Operativno menadžerski posmatrano nakon definisanja ciljeva, programa i planova preduzeća menadžer je prinuđen da pristupi stvaranju organizacionih pretpostavki za njihovo efikasno izvršavanje. Navedene pretpostavke predstavljaju, prema opštem pristupu, zapravo razne organizacione aktivnosti, kao što su [2]: (a) utvrđivanje poslova koje treba obaviti u preduzeću da bi se navedeni planski zadaci ostvarili; (b) povezivanje predmetnih poslova u pojedinačne zadatke i njihovo dodeljivanje zaposlenima u preduzeću; (c) grupisanje ovako povezanih poslova, odnosno definisanih pojedinačnih zadataka u odgovarajuće grupe i organizovane jedinice; (d) međusobno uklapanje i objedinjavanje ovih grupa i organizacionih jedinica u jedinstven sistem rada, odnosno jedinstvenu organizacionu strukturu; (e)

decentralizovanje poslovanja, delegiranja ovlašćenja, uspostavljanje sistema ili mreže hijerarhijskih odnosa u preduzeću, itd.

Organizovanje, kao i planiranje predstavlja ključnu funkciju menadžera, koji ostvaruje menadžersku aktivnost u mineralnom sektoru. Organizovanje kao takvo obuhvata niz značajnih aktivnosti iz organizacionog domena, bez koga preduzeće mineralnog sektora nije u stanju da uspešno tržišno nastupa i ostvaruje konkurentno poslovanje. Navedene organizacione aktivnosti se pojavljuju u različitom obimu i strukturi u svim preduzećima kao poslovnim sistemima mineralnog sektora.

Osnovna menadžerska aktivnost, koju menadžer treba da uradi u domenu funkcije organizovanja je da utvrdi pojedinačno poslove koje treba obaviti u preduzeću mineralnog sektora da bi se osiguralo realizovanje ciljeva, planova i programa poslovanja. Utvrđivanje predmetnih poslova uglavnom se vrši rasčlanjavanjem, odnosno analizom grupnog zadatka preduzeća [2].

U stručnim geološkim, rudarskim, tehnološkim i drugim zadacima preduzeća, definisanih na bazi svrhe i ciljeva preduzeća, nalaze se poslovi odgovarajućih stručnih i ekspertskih specijalnosti, koji zaposleni u preduzeću treba da obavljaju na svojim radnim mestima. Navedeni poslovi nisu pojedinačno dati, zbog čega se analizom zadataka moraju posebno utvrđivati u oblasti geološke, rudarske, tehnološke i dr. struka.

Za utvrđivanje pojedinačnih radnih poslova u preduzeću neophodnih za ostvarivanje prethodno definisanih ciljeva i planova poslovanja preduzeća, menadžer mora da pristupi kompleksnoj analizi, odnosno prilično složenom rasčlanjavanju grupnih zadataka preduzeća. Rasčlanjavanje ovih radnih zadataka vrši se tako što se isti dele na uže, još uvek vrlo složene zadatke ili grupe poslova. Analitički postupak se nastavlja do elementarnih, odnosno uprošćenih zadataka, tj. poslova preduzeća, koji se mogu dodeliti pojedinačnim zaposlenim radnicima na obavljanje. Pri tome je posebno značajno uvažavanje specijalističkih stručnih profila zaposlenih lica u preduzećima mineralnog sektora, kako u delu sa geološkom, rudarskom, tako i tehnološkom, ekonomskom i drugim strukama. Menadžerska analiza može se vršiti i po dubini, tako da se npr. u domenu geološke struke mogu obuhvatiti: (a) istraživanje ležišta mineralnih sirovina, odnosno ekonomska geologija; (b) hidrogeologija; (c) geotehnika; (d) geofizika; (e) mineralogija i petrologija; (f) regionalna geologija i (g) paleontologija, sa odgovarajućim istraživanjima i ispitivanjima.

Rasčlanjavanje složenih zadataka preduzeća može se vršiti na više nivoa i više različitih grupa poslova. Poslednje navedeno je posebno

karakteristično za prvi nivo i prve kompleksne grupe poslova u preduzeću, koje predstavljaju funkcije [1, 2]. Rezultat analitičke aktivnost mogu biti različita rešenja zbog različitog koncepta poslovnih funkcija preduzeća. Tako je grupni zadatak preduzeća moguće rasčlaniti na tri bazične funkcije, koje, prema nekim autorima, postoje u preduzeću, a koje čine: proizvodnja, marketing i finansije, ili više funkcija, u zavisnosti od konkretnih autorskih podela.

2. Rasčlanjavanje zadataka preduzeća

Generalno posmatrano rasčlanjavanje grupnih zadataka preduzeća, uglavnom se vrši na četiri nivoa [2], a time i na četiri različite grupe poslova, i to: (a) Poslovne funkcije; (b) Područja rada; (c) Elementi poslovanja i (d) Radni postupci/aktivnosti.

Analizom i rasčlanjavanjem grupnih zadataka preduzeća dolazi se prvo do poslovnih funkcija, a zatim njihovim rasčlanjavanjem do područja rada, dalje do elemenata poslovanja i na kraju radnih postupaka, tj. aktivnosti.

Poslovne funkcije, kao prvi elementi ili produkti rasčlanjavanja grupnog zadatka, predstavljaju još uvek vrlo složene zadatke, odnosno grupe poslova, koje treba obavljati u preduzeću da bi ono moglo da ostvaruje svoje poslovne ciljeve i planove. Poslovne funkcije obuhvataju brojne, uglavnom iste, slične ili pak različite, ali međusobno povezane i uslovljene aktivnosti preduzeća.

Nakon što se rasčlanjavanjem grupnog zadatka utvrde bazične funkcije, odnosno bazične grupe poslova preduzeća, pristupa se utvrđivanju sledećih, užih grupa poslova u preduzećima, odnosno područje rada [2]. Utvrđivanje ovih elemenata grupnog zadatka preduzeća vrši se analizom odnosno deobom osnovnih funkcija do određenog stepena složenosti. Deoba poslovnih funkcija na području rada, omogućuje doslednu raspodelu poslovnih funkcija na elemente poslovanja. Pojam područja rada, po sadržini svakako je uži od pojma poslovne funkcije. Područja rada, koja bi mogli nazvati kategorijama rada su skupovi istovetnih, ili istorodnih operacija u okviru pojedine poslovne funkcije. Kao i kod poslovnih funkcija, tako i kod područja rada treba uzimati u obzir specifičnosti preduzeća, definisati ih i koristiti za jasno sadržajno definisanje poslovne funkcije preduzeća i za potrebe celokupne organizacije. Višestruka rasčlanjavanja ukupnog poslovanja preduzeća za potrebe kompletnih organizacionih rekonstrukcija pokazala su da je ukupni broj područja rada oko stotinu. Po pojedinim poslovnim funkcijama, broj područja rada je različit i kreće se od 3 do 15 [2].

Daljim raščlanjavanjem ukupnog zadatka, nakon područja rada, utvrđuju se elementi poslovanja preduzeća. Elementi poslovanja se dobijaju podelom područja rada, i to, na delove koji imaju karakter faza rada [2].

Nastavljanjem procesa raščlanjavanja, nakon elemenata poslovanja, utvrđuju se radni postupci, koji ujedno predstavljaju najuže delove ukupnog zadatka preduzeća.

Ovakvim menadžerskim postupkom raščlanjavanja grupnog zadatka preduzeća, dolazi se do pojedinačnih, elementarnih poslova, koji u njemu moraju da se obavljaju da bi se osiguralo njegovo uspešno poslovanje, shodno postavljenim ciljevima i programima rada. Ovakvi krajnji poslovi su po svojoj prirodi vrlo jednostavni, tako da ih zaposleni u preduzeću mogu uspešno obavljati. Pri tome treba imati u vidu organizacionu činjenicu da oni najčešće nisu dovoljni da bi zaposleni, njihovim obavljanjem, radili punim radnim vremenom i radnim mogućnostima. Zbog toga se oni prvo moraju objediniti, odnosno svrstati u odgovarajuće grupe, pa tek nakon toga, kao konkretni zadaci dodeliti zaposlenim radnicima u preduzećima.

U kompletnoj menadžerskoj analizi naročito treba imati u vidu specifičnost organizacije, funkcionisanja, aktivnosti i poslovanja preduzeća mineralnog sektora u pogledu delatnosti i poslova koje obavljaju [21, 22]. Shodno predmetnoj delatnosti među preduzećima mineralog sektora se posebno mogu izdvojiti [20]: (a) preduzeća koja se bave eksploatacijom i pratećim geološkim istraživanjima, odnosno rudnici; (b) preduzeća koja se bave geološkim istraživanjima; (c) preduzeća koja se bave geološkim projektovanjem i konsaltingom; (d) preduzeća koja se bave rudarskim projektovanjem i konsaltingom; (e) preduzeća koja se bave kombinovanim aktivnostima navedenih preduzeća i (f) preduzeća koja se bave multidisciplinarnim aktivnostima sa uključivanjem aktivnosti navedenih preduzeća.

U ukupnom broju preduzeća koja posluju u mineralnom sektoru, s obzirom na krizni period poslednjih godina, smanjenje obima uslužnog poslovanja u mineralnom sektoru i generalno smanjenje finansijskih sredstava za geološka istraživanja, zapaža se povećano učešće preduzeća dva poslednja navedena tipa.

Sa stanovišta menadžment analize, naročito utvrđivanja poslova koje treba obavljati u preduzeću, veoma je značajno kojoj grupi od navedenih preduzeće pripada. U slučaju jednostavnije delatnosti menadžerska analiza je jednostavnija, ali u slučaju složenije delatnosti, ona je znatno složenija i obimnija. Osim toga drugi opredeljujući faktor menadžerske analize je broj zaposlenih lica, sa direktnom korelativnom

vezom jednostavnosti analize i malog broja zaposlenih i obrnuto. Pri tome treba naglasiti uzajamno posledičnu vezu složenosti poslova i broja zaposlenih lica, kao značajne specifičnosti preduzeća u mineralnom sektoru i posebne specifičnosti kadrova kako u oblasti sa geološkim, tako i u oblasti sa rudarskim poslovima. Objektivna ograničenost ovog rada ne omogućuje predmetni prikaz, koji će biti dat u drugim radovima, koje autor priprema za publikovanje.

Na ekonomske efekte ukupnog poslovanja preduzeća mineralnog sektora Srbije od posebnog uticaja su dve značajne grupe faktora. Prva obuhvata nacionalnu i komercijalnu isplativost mineralnih sirovina [18] i njihov uticaj na: (a) cenu koštanja; (b) prodajnu cenu; (c) ukupan prihod i (d) dobit preduzeća. Druga grupa faktora, koji su izuzetno važni obuhvata: (a) stepen razvijenosti tržišta mineralnih sirovina u Srbiji; (b) konkurentnost domaćih naspram stranih preduzeća u mineralnom sektoru i (c) dosledna primena ekonomskih kriterijuma rada i poslovanja ovih preduzeća. U prelaznom tranzicionom periodu i vremenu evropskih integracionih procesa, neophodno je posebno usmeravanje menadžerske pažnje i dodatnih menadžerskih aktivnosti na uzroke, načine delovanja, efekte uticaja, povratne korekcije i dodatna unapređenja po navedenim grupama faktora.

3. Zaključak

Aktuelnost menadžmenta kao znanja, veštine i posebne praktične discipline dolazi do naročitog izražaja u uslovima tranzicije privrede i mineralnog sektora zemlje. Strategijska orijentacija u privredi Srbije i u mineralnoj ekonomiji na tržišne uslove privređivanja nametnula je jasne ekonomske kriterijume poslovanja preduzeća mineralnog sektora.

U primeni uspešnog menadžment koncepta preduzeća mineralnog sektora, prvenstveno je značajno definisanje ciljeva preduzeća, zatim načina i sredstava ostvarenja takvih ciljeva, kao i korišćenja rezultata ostvarenog poslovanja.

Organizovanje, kao i planiranje predstavlja ključnu funkciju menadžera koji ostvaruje menadžersku aktivnost u mineralnom sektoru. Organizovanje obuhvata niz značajnih aktivnosti iz organizacionog domena, bez koga preduzeće mineralnog sektora nije u stanju da uspešno tržišno nastupa i ostvaruje konkurentno poslovanje.

Osnovna menadžerska aktivnost koju menadžer treba da uradi u domenu funkcije organizovanja je da utvrdi pojedinačno poslove, koje treba obaviti u preduzeću mineralnog sektora radi osiguranja realizacije ciljeva, planova i programa poslovanja preduzeća. Generalno posmatrano

raščlanjavanje grupnih zadataka preduzeća, uglavnom se vrši na četiri nivoa, a time i na četiri različite grupe poslova, i to: (i) Poslovne funkcije; (ii) Područja rada; (iii) Elementi poslovanja i (iv) Radni postupci/aktivnosti.

U kompletnoj menadžerskoj analizi naročito treba imati u vidu specifičnost organizacije, funkcionisanja, aktivnosti i poslovanja preduzeća mineralnog sektora u pogledu delatnosti i poslova, koje zaposleni preduzeća, kao specijalisti obavljaju u oblasti geologije, rudarstva, tehnologije, ekonomije i dr.

Započeta obimna i kompleksna autorska aktivnost na proučavanju menadžerskog utvrđivanja i definisanja poslova u preduzećima mineralnog sektora, naročito sa menadžerskog, organizacionog i ekonomskog aspekta, biće nastavljena u sklopu daljeg aktivnog naučno-istraživačkog i aplikativnog rada. Naročita pažnja biće posvećena pojedinačnim poslovnim nivoima menadžerskih analiza, koje su naročito značajne za uspešnije menadžersko odlučivanje, kako bi se stvorile kvalitetne osnove za uspešno proizvodno, ekonomsko i finansijsko poslovanje preduzeća u mineralnom sektoru Srbije.

Literatura

1. Drucker P. F., Management, HarperBusiness, Revised edition, 608 pp., New York, 2008.
2. Babić M., Stavrić B., Menadžment: koncept i proces, Viša poslovna škola, 343, Beograd, 1999.
3. Tošović R., Role of Financial Management the Functioning of Mineral Economy, Proceeding of 18th International Conference Dependability and Quality Management ICDQM-2015, 520-529 pp., Belgrade, 2015.
4. Tošović R., Economic Analysis in Evaluation of Mineral Resources in Mineral Economy, Proceeding of 20th International Conference Dependability and Quality Management ICDQM-2017, in press, Belgrade, 2017.
5. Krugman P., Wells R., Economics, Worth Publishers; Second Edition edition, 1200 pp., 2009.
6. Mulhearn C., Vane H., Eden J., Economics for Business, Palgrave Macmillan, 432 pp., 2001
7. Rudenno V., The Mining Valuation Handbook: Mining and Energy Valuation for Investors and Management, Wrightbooks; 4 edition, 624 pp., 2012.
8. Rundge I., Mining Economics and Strategy, Society for Mining

Metallurgy & Exploration, 1 edition, 316 pp., Littleton, Colorado, 1998.
9. Stephen R., Coutler M., Menadžment, Data status, 606 pp., Beograd, 2005.
10. Torries F. T., Evaluating Mineral Projects: Applications and Misconceptions, Society for Mining Metallurgy & Exploration, 172 pp., Littleton, Colorado, 1998.
11. Mašić B., Menadžment: principi, koncepti i procesi, Univerzitet Singidunum, 556, Beograd, 2009.
12. Froeb L., McCann B., Shor M., Ward M., Shor M., Managerial Economics, A Problem Solving Approach, Sout -Western, Cengage Learning, 4 edition, 352 pp., Boston, 2015.
13. Samuelson W., Marks S., Managerial Economics, John Wiley & Sons, Inc., 7 edition, 784 pp., Boston, 2011
14. Render B., Stair Jr. R. M., Hanna M. E., Hale T. S., Quantitative Analysis for Management, Pearson, 12th Edition, 608 pp., Boston, 2014.
15. Higgins R. C., Analysis for Financial Management, McGraw-Hill Education; 11 edition, 464 pp., New York, 2015.
16. Jaško O., Čudanov M., Jevtić M., Krivokapić J., Projektovanje organizacije, FON, 2015.
17. Tošović R., Management of Sales Function in Enterprises of Mineral Sector, Proceeding of 20th International Conference Dependability and Quality Management ICDQM-2017, in press, Belgrade, 2017.
18. Tosovic R., Economic evaluation of mineral resources from the standpoint of business and social profitability, International Journal of Research - Granthaalayah, Vol. 4, No. 10, pp. 46 – 52, 2016.
19. Tošović, R., General Review of Mineral Economy in Modern Conditions of Sustainable Development, XVI Serbian Geological Congress, Faculty of Mining and Geology, 156-162, Donji Milanovac, 2014.
20. Tošović, R., Analiza poslovanja preduzeća mineralnog sektora, Naučno-istraživačka studija, Beograd, 2017.
21. Tošović R., Management of Business Investment, Investment Decision-Making in the Company and Economic Evaluation of Mineral Deposits, 5th International Conference COAL 2011, Zlatibor, 2011.
22. Tošović R., Management in Modern Conditions of Serbian Mineral Economy, MISKO 10, 411-434, Belgrade, 2010.

SAVREMENA EKONOMSKA OCENA RUDNIH LEŽIŠTA U UNAPREĐENJU NIVOA KONKURENTNOSTI MINERALNOG SEKTORA

MODERN ECONOMIC EVALUATION OF ORE DEPOSITS IN THE IMPROVEMENT OF THE LEVEL COMPETITIVENESS OF THE MINERAL SECTOR

Tošović R.[1]

Apstrakt

Rad i funkcionisanje mineralnog sektora zemlje se odvija u otežanim ekonomskim i privrednim uslovima, shodno dostignutom stepenu razvoja, potrebama privrede za mineralnim sirovinama i primeni tržišnih kriterijuma poslovanja. Pri tome proces privrednog oporavka i dostizanje planiranog ekonomskog rasta, u značajnoj meri se zasniva na baziČnoj materijalnoj proizvodnji raznovrsnih metaličnih, nemetaličnih i energetskih mineralnih sirovina. U unapređenju poslovanja preduzeća mineralnog sektora posebno značajno mesto pripada iskorišćenju unutrašnjih proizvodnih snaga i mogućnosti, radi podizanja opšte konkurentnosti mineralnog sektora zemlje. U tom pravcu posebno funkcionalno mesto pripada ekonomskoj oceni rudnih ležišta, od koje direktno zavise raspoložive bilansne rezerve u okviru polazne mineralno-sirovinske baze za raznovrsne proizvodne aktivnosti.

Ključne reči: Ekonomska ocena, rudna ležišta, mineralni sektor, konkurentnost

[1] Prof. dr Radule Tošović, Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet

Abstract

The work and functioning of the mineral sector of the country takes place in difficult economic conditions, in accordance with the achieved level of development, the needs of the economy for mineral raw materials and the application of market criteria of business. In doing so, the process of economic recovery and achievement of planned economic growth is significantly based on the basic material production of various metallic, non-metallic and energy mineral raw materials. The improvement of the business operations of the mineral sector in particular has an important role of internal utilization of productive forces and capabilities, in order to raise the overall competitiveness of the mining sector of the country. In this direction, a particularly functional place belongs to the economic evaluation of ore deposits, which directly depend on the available balance reserves within the starting mineral and raw material base for various production activities.

Key words: Economic evaluation, ore deposits, mineral sector, competitiveness

1. Uvod

Mineralna ekonomija, kao značajan deo celokupne ekonomije zemlje, ima posebno važnu baziènu materijalnu ulogu u obezbeđenju velikog broja različitih metaličnih, nemetaličnih i energetskih mineralnih sirovina za potrebe funkcionisanja različitih privrednih grana [1, 2]. U aktuelnoj ekonomskoj politici zemlje, ekonomski oporavak i razvoj su označeni kao nacionalni prioriteti, pri čemu se ozbiljno računa sa mogućnostima mineralnog sektora za privlačenje stranih investicija i finansiranja odgovarajućih aktivnosti u geološkim istraživanjima, eksploataciji i valorizaciji mineralnih sirovina [2].

Rezultati funkcionisanja privrede Srbije, na početku 2017. godine u nekoliko oblasti su pogoršani, što se naročito odnosi na usporavanje privredne aktivnosti i povećanje spoljnog deficita i inflacije [3]. Pri tome je rast spoljnog deficita i inflacije uglavnom rezultat cikličnih faktora, koji se odnose na kretanje cena na svetskom tržištu, pa se stoga ova pogoršanja smatraju privremenim. Privreda Srbije je u prvom kvartalu ostvarila rast od 1,2% međugodišnje, što je najniža stopa rasta u poslednjih godinu dana i jedna od najnižih stopa rasta u Evropi u tom periodu. Primera radi zemlje u okruženju su ostvarile sledeće nivoe rasta: Hrvatska od 2,5%, Bugarska od 3,9%, Mađarska od 4,1%, a Rumunija od

5,7%. Ipak u preostalom delu godine postoji mogućnost da se ubrza rast i dostigne planirana stopa od 3% [3].

Uzroci usporavanja privrednog rasta mogu biti: (a) kretanja u međunarodnom okruženju; (b) neekonomski unutrašnji faktori i (c) slabosti u ekonomskoj politici i privrednom ambijentu. Usporavanje privredne aktivnosti tokom prvog kvartala je najdirektnije vezano za loše upravljanje javnim preduzećima, koje se imalo za posledicu visok pad proizvodnje uglja i struje [3]. Loše upravljanje EPS-om je direktno uticalo na to da rast BDP Srbije u prvom kvartalu bude 1,2% umesto 2%. Dakle, ostvarivanje nešto slabijih privrednih i ekonomskih rezutata od očekivanih i planiranih posledica je nižeg nivoa aktivnosti u mineralnom sektoru uglja, usled internih problema.

Projekcija snažnog privrednog rasta moguća je samo uz visoke investicije kojima se povećavaju proizvodne mogućnosti privrede, a takav privredni rast, koji zahteva određene količine i kvalitet mineralnih sirovina, stvara realnu osnovu za dugoročno održivo povećanje potrošnje i životnog standarda građana. U tom kontekstu minerali sektor ima posebno značajno mesto i ulogu, naročito s obzirom na bazični materijalni karakter predmetne proizvodnje metaličnih, nemetaličnih i energetskih mineralnih sirovina, dalji razvoj i funkcionisanje privrednih grana materijalno zavisnih od mineralnog sektora, ali i evidentnu neophodnost podizanja konkurentnosti ovog sektora na viši nivo.

Problematika tretirana ovim radom jednim delom polazi od osnovnih postavki mineralne ekonomije, konkurentnosti, menadžmenta i menadžerske ekonomije [4-14]. Drugim delom predstavlja rezultat autorskih studioznih analitičko-sintetičkih, induktivno-deduktivnih i sistematičnih studijskih proučavanja u domenu menadžmenta, ekonomske ocene, mineralne ekonomije i poslovnog odlučivanja [15-23]. Osnovni cilj ovog rada je da ukaže na ulogu i značaj ekonomske ocene rudnih ležišta u unapređenju i poboljšanju stanja konkurentnosti u materijalnoj proizvodnji mineralnih sirovina u preduzećima mineralnog sektora zemlje.

2. Ekonomska ocena i konkurentnost mineralnog sektora

Primena savremene ekonomske ocene rudnih ležišta u aktuelnim uslovima rada i funkcionisanja mineralnog sektora Srbije povezane je sa savremenim evropskim i svetskim pristupom i nivoom rada u predmetnoj problematici. U dužem vremenskom periodu rađena je i razvijana geološko-ekonomska, odnosno tehničko-ekonomska ocena sa odgovarajućom strukturom faktora i pokazatelja [15]. Oni potpuno

ekonomski i analitički pokrivaju sve aspekte značajne za sagledavanje ekonomske vrednosti rezervi rudnih ležišta, dokazivanje bilansnih rezervi po predmetnim ležištima i agregatno na nivou mineralne ekonomije zemlje [16]. Nakon uključivanja Srbije u savremene tokove evropskih integracija, izrada realne tržišne ekonomske ocene postala je sastavni deo prakse ekonomskih geologa na istraživanju i ekonomskoj oceni ležišta mineralnih sirovina [2].

Savremenim geološko-ekonomskim pristupom u ekspertskom, istraživačkom i inženjerskom geološkom radu došlo je do značajnog unapređenja metodike ekonomske ocene kroz primenu savremenih i tržišnih metoda ekonomske ocene kao što su Discounted Cash Flow metode, odnosno primenom NPV, IRR, zatim Benefit-cost analize i dr. [20, 21]. Za geološka istraživanja metaličnih, nemetaličnih i energetskih mineralnih resursa naročito je značajna ekonomska ocena rezultata projektovanih geoloških istraživanja i tržišno definisanje vrednosti istraženih, utvrđenih i dokazanih rezervi mineralnih sirovina [2].

Odnos ekonomske ocene, aktivnosti mineralnog sektora i mineralne ekonomije, sa stanovišta konkurentnosti, ogleda se u četiri značajna aspekta, i to: (a) konkurentnosti geoloških istraživanja, odnosno pronalaženja ležišta mineralnih sirovina, kao osnovne ekonomske kategorije; (b) konkurentnosti pronađene mineralne sirovine na tržištu; (c) konkurentnosti eksploatacije mineralnih sirovina iz ležišta i (d) konkurentosti proizvodnje odgovarajućih mineralnih proizvoda. U svakoj od navedenih faza osvajanja mineralnih sirovina ekonomska ocena ima poseban značaj i specifičnost u primeni, ali i aspekte konkurentnosti [2].

Geološka istraživanja mineralnih resursa se, shodno važećoj zakonskoj regulativi dele na osnovna i primenjena, a prema faznosti/stadijnosti na regionalna, prospekcija, prethodna, detaljna i eksploataciona istraživanja. Za svaki pojedinačni objekat istraživanja ili istražni prostor, a shodno zadatom projektnom cilju istraživanja, priprema se odgovarajući projekat definisanog sadržaja i strukture, sa odgovarajućom koncepcijom i metodikom istraživanja i projektovanjem odgovarajućih istražnih radova, potrebnih za ostvarenje cilja projekta. Nakon realizacije predmetnog projekta i izvođenja projektovanih istražnih radova postoji obaveza izrade elaborata o rezultatima geoloških istraživanja, koji kao sastavni deo obavezno sadrži geološko-ekonomsku ocenu. Upravo se kroz geološko-ekonomsku ocenu izvršenih istraživanja, daje njen najvažniji deo kao ekonomska ocena, odnosno definiše vrednost pronađenog ležišta i predmetnih rezervi mineralnih sirovina [2]. U materijalnom smislu glavni rezulat geoloških istraživanja su rezerve metaličnih, nemetaličnih i energetskih mineralih sirovina, odnosno rude

odgovarajućeg kvaliteta i cene na tržištu mineralnih sirovina, što je ključno za konkurentnost mineralnog sektora zemlje.

Postupnost, kao princip geološko-ekonomske ocene, obuhvata potrebu izrade geološko-ekonomske ocene na kraju svake pojedinačne faze geoloških istraživanja, tako da jedino pozitivan rezultat ekonomske ocene omogućuje dalji nastavak projektovanih geoloških istraživanja. Ovo je naročito bitno za praćenje kvaliteta obavljenih poslova, proveru dobijenih rezultata, ali i ekonomsku, tj. vrednosnu ocenu predmetno istraženih rezervi metaličnih, nemetaličnih ili energetskih mineralnih sirovina. Ujedno se, upravo kroz ekonomsku ocenu izvršenih geoloških istraživanja, sagledava njihova efikasnost i efektivnost, a time i obezbeđuje konkurentnost geoloških istraživanja.

3. Ekonomska ocena i konkurentno inženjerstvo

Kroz ekonomsku ocenu rezultata geoloških istraživanja mineralnih sirovina može se direktno uspostaviti veza između konkurentnog inženjerstva i geološkog inženjerstva. Konkurentno inženjerstvo je nov pristup inženjerstvu, koje ima specifičan uticaj i na geološko inženjerstvo, naročito prisutno u domenu geoloških istraživanja metaličnih, nemetaličnih i energetskih mineralnih resursa. Šire posmatrano geološko inženjerstvo obuhvata i odgovarajuća geotehnička ispitivanja značajna za definisanje uslova izgradnje i stabilnosti objekata, zatim geofizička ispitivanja sastava terena i uzroka različitih geofizičkih anomalija, ali i hidrogeološka istraživanja podzemnih voda i hidrogeotermalnih resursa. U ovom radu se, u nastavku ranijih autorskih aktivnosti i istraživanja [2] preko ekonomske ocene povezuje geološko inženjerstvo sa konkurentnim inženjerstvom, a direktno je inspirisano potrebom prenošenja pozitivnih iskustava iz klasičnih inženjerskih tehnoloških procesa i proizvoda na jednu specifičnu privrednu inženjersku istraživačku aktivnost u mineralnoj ekonomiji. Težište u ovom razmatranju je na relaciji sa delom geološkog inženjerstva, koje obezbeđuje odgovarajuće količine i kvalitet mineralnih sirovina potrebnih različitim privrednim granama, a koje su predmet kupo-prodaje na tržištu mineralnih sirovina.

Generalno posmatrano, slično klasičnim tehnološkim procesima, pred geološke inženjere projektante se postavljaju specifični zahtevi kupaca/finansijera da se uz najkvalitetnija projektantska rešenja za pronalaženje potrebne mineralne sirovine, u najkraćem periodu i sa najnižim troškovima obezbede što veće količine što kvalitetnije mineralne sirovine. Četiri klasična podsistema podrške [2, 10] konkurentnom inženjerstvu: inicijativni procesi, računarska podrška,

tradicionalne tehnike i metode razmene podataka, imaju svoje naglašene specifičnosti kod primenjenog geološkog inženjerstva. Iako se u geološkom inženjerstvu ne radi o klasičnom tehnološkom proizvodu, itekako se može govoriti i moraju se analizirati faktori konkurentnosti uspešnog rada na dobijanju finalnog geološkog projektantskog rezultata. U pripremi i realizaciji geoloških projekata učestvuju multidisciplinarni timovi sa stručnjacima iz oblasti ekonomske geologije, mineralogije, petrologije, geofizike, tehnologije, rudarstva, ekonomije, ekologije i dr. U okviru predloga projekta obuhvata se projekcija vrste i obima geoloških istražnih radova, zatim potrebni resursi, vreme realizacije i daje preliminarno ekonomsko obrazloženje, odnosno geološko-ekonomska ocena. Ova ekonomska ocena je veoma važna, jer kroz analizu faktora i pokazatelja ukazuje na geološku zasnovanost predmetnih istraživanja, opravdanost projektovane vrste i obima istražnih radova, a kroz preliminarnu ekonomsku kalkulaciju ukazuje na opravdanost finansijskih ulaganja i time ukazuje na konkurentnost istraživačke delatnosti. Geološko-ekonomska ocena ima još veći značaj u elaboratu o rezultatima geoloških istraživanja, u kome se daje post factum ekonomska kalkulacija, kojom se prikazuje realni ekonomski presek odnosa ostvarenih troškova istraživanja i vrednosti dobijenog rezultata, odnosno tržišne vrednosti dobijenih količina mineralne sirovine.

Tržište mineralnih sirovina Srbije nije sistemski uređeno i razvijeno na savremenom nivou, tako da se potrebe privrednih subjekata za odgovarajućim mineralnim sirovinama nedovoljno organizovano podmiruju iz uvoza ili iz domaćih izvora posle detaljnih geoloških istraživanja i utvrđivanja bilansnih rezervi metaličnih, nemetaličnih ili energetskih mineralnih sirovina. Nakon postepenog oporavka privrede, ali i intenzivnijeg uključenja privatnog kapitala u mineralni sektor pojavila se potreba za efikasnijim, efektivnijim i uspešnijim geološkim istraživanjima, koja će odgovarajućim finansijerima/korisnicima, u kraćem vremenskom periodu obezbediti kvalitetnu mineralnu sirovinu za odgovarajuće proizvodne procese. Za njihovo obezbeđenje neophodna je prethodna projektantska geološka aktivnost kroz određenu stručno-ekspertsku analizu potencijalnosti područja, metodiku istraživanja, definisanje vrste i obima istražnih radova i predviđanje rezultata istraživanja, uz neophodno podizanje nivoa konkurentosti.

U poslednjih desetak godina karakteristično je veliko interesovanje investitora za geološka istraživanja i dobijanje koncesija, naročito na metalične i nemetalične mineralne sirovine. Postojeće geoorganizacije su u prilici da rade tipske projekte geoloških istraživanja, u kojima svi potrebni geološko-ekonomski elementi moraju biti na optimalan način

obuhvaćeni i odrađeni, kako bi se obezbedio kvalitet projekta, rok izrade i odgovarajuća vrednost radova [2]. Geološko-ekonomska ocena je veoma značajan upravljački, usmeravajući, korigujući, ali i konkurentski alat, koji pruža mogućnost u svakom trenutku aktuelnog sagledavanja geoloških aspekata dobijenih rezultata na realizaciji projektovanih geoloških istraživanja i, s druge strane, ekonomske vrednosti dobijenih rezultata istraživanja mineralnih resursa.

Značaj primene ekonomske ocene u funkciji konkurentnosti mineralnog sektora posebno dolazi do izražaja, ako se ima u vidu vremenska dimenzija geoloških istraživanja. Naime u ranijem periodu od pronalaženja pojave mineralne sirovine do početka eksploatacije, odnosno otvaranja rudnika bilo je potrebno vreme od 5-10 godina (neretko i 15-20 godina), što je izuzeto važno za finansijera projektovanih istražnih radova, kao i konkurentnost proizvedene mineralne sirovine na tržištu. Kompletna analiza faktora i pokazatelja geološko-ekonomske ocene, s druge strane, omogućuje upoznavanje svih relevantnih faktora i pokazatelja za budući rad i valorizaciju mineralne sirovine, odnosno profitabilnost rada, kao i perioda povraćaja investicija, kao bitnih elemenata za sagledavanje konkurentnosti mineralnih proizvoda. Geološko-ekonomska ocena treba da bude obavezni deo geološko-ekonomskog rada, jer se time može omogućiti lakše ostvarenje pojedinih kriterijuma i elemenata konkurentnog inženjerstva i u domenu geološkog inženjerstva, kako bi se ostvarila i konkurentnost mineralne ekonomije zemlje.

Potreba podizanja nivoa konkurentnosti mineralnog sektora posebno dolazi do izražaja ako se ima u vidu da se rešavanje krupnih privrednih pitanja finansijskih i investicionih problema značajnim delom povezuje za sadašnje i potencijalne projekte u mineralnom sektoru. Realizacija brojnih strategijskih razvojnih investicionih projekata u Srbiji u predstojećem periodu, kao što su: završetak koridora 10, izgradnja projektovane mreže autoputeva, rekonstrukcija železničke infrastrukture, krupni građevinski poduhvati, intenziviranje stanogradnje, zatim razvoj petrohemijskog, metalskog i metalo-prerađivačkog kompleksa, unapređenje agroindustrije i naročito dalji razvoj energetike zemlje, direktno zavise od mineralnog sektora, odnosno uslova i načina istraživanja, eksploatacije, korišćenja i valorizacije brojnih metaličnih, nemetaličnih i energetskih mineralnih sirovina Srbije [2, 16]. Imajući u vidu iznos potrebnih investicija za navedene projektne aktivnosti, zatim upošljavanje domaćih proizvodnih kapaciteta i velikog broja zapošljenih radnika, mineralna ekonomija i različiti mineralni resursi imaju posebno značajno mesto i ulogu u predstojećem razvojnom periodu u Srbiji. Za

uspešnost funkcionisanja mineralne ekonomije i ekonomski opravdanog iskorišćenja različitih metaličnih, nemetaličnih i energetskih mineralnih sirovina posebno je značajna kompletna, kompleksna i tržišno realna ekonomska ocena mineralnih resursa.

U mineralnoj ekonomiji Srbije, s obzirom na raznovrsnost mineralnih proizvoda u mineralnom sektoru, kao i specifičnosti geološko-ekonomskih uslova, prisutan je posebno specifičan aspekt strategijske konkurentnosti, koji, kroz ekonomsku ocenu, mora biti uključen u buduća planiranja, programiranja i realizaciju projektantskih inženjerskih poslova na geološkom pronalaženju i ekonomskoj oceni mineralnih resursa. Stoga ekonomska ocena, kao metodološki postupak, ima poseban aplikativni značaj, jer značajno olakšava vrednovanje rezultata projektovanih geoloških istraživanja, zatim ekonomsko razmatranje mineralnih resursa i ocenu stepena rentabilnosti/profitabilnosti njihovog korišćenja, kroz koje će obezbediti strategijski konkurentno funkcionisanje mineralne ekonomije. Osim toga ekonomska ocena predstavlja jedan od značajnih alata, koji omogućuje uspešniji rad na geološkim istraživanjima i održivom korišćenju mineralnih resursa u zoni konkurentnog inženjerstva, odnosno višeg kvaliteta, kraćeg vremena dobijanja i niže cene svih geoloških proizvoda i usluga geoorganizacija, koje funkcionišu u domenu mineralnog sektora i mineralne ekonomije Srbije.

4. Zaključak

Mineralna ekonomija, kao značajan deo celokupne ekonomije zemlje, ima posebno važnu baziènu materijalnu ulogu u obezbeđenju velikog broja različitih metaličnih, nemetaličnih i energetskih mineralnih sirovina za potrebe funkcionisanja različitih privrednih grana.

Odnos ekonomske ocene, aktivnosti mineralnog sektora i mineralne ekonomije, sa stanovišta konkurentnosti, ogleda se u četiri značajna aspekta, i to konkurentnosti: (i) geoloških istraživanja, tj. pronalaženja rudnih ležišta, kao osnovne ekonomske kategorije; (ii) vrednosti pronađene mineralne sirovine na tržištu; (iii) eksploatacije mineralnih sirovina iz ležišta i (iv) proizvodnje odgovarajućih mineralnih proizvoda. U svakoj od navedenih faza osvajanja mineralnih sirovina ekonomska ocena ima poseban značaj i specifičnost u primeni, ali i aspekte konkurentnosti.

Geološko-ekonomska ocena treba da bude obavezni deo geološko-ekonomskog rada, jer se time može omogućiti lakše ostvarenje pojedinih kriterijuma i elemenata konkurentnog inženjerstva i u domenu geološkog

inženjerstva, kako bi se ostvarila i konkurentnost mineralnog sektora zemlje.

Započeta analiza relacije ekonomska ocena - rudna ležišta - konkurentnost mineralnog sektora biće intenzivno nastavljena kroz dalji naučno-istraživački, geološko-ekonomski i aplikativni rad. Pri tome će, osim detaljnijeg razmatranja segmenata navedene relacije, poseban deo pažnje biti posvećen unapređenju kriterijuma i elemenata konkurentosti projektovanja u geološkom inženjerstvu, kao i aktivnom strategijskom uključivanju problematike ekonomske ocene u menadžerski koncept i koncept efikasnog, efektivnog i konkurentnog upravljanja i održivog funkcionisanja mineralne ekonomije Srbije.

Literatura

1. Tošović R., Strategic Management in the Function of Sustainable Mineral Economy, 18th International Scientific Conference, SM2013, 644-653, Subotica, 2013.
2. Tošović R., Strategic Functions of Economic Evaluation with Competitiveness of Mineral Economy, 19th International Scientific Conference, SM2014 Strategic Management and Decision Support System in Strategic Management, pp. 422-429, Subotica, 2014.
3. Arsić M., Uvodnik u Kvartalni monitor ekonomskih trendova i politika, Kvartalni monitor ekonomskih trendova i politika u Srbiji, broj 48, pp. 5-6, Beograd, 2017.
4. Rudenno V., The Mining Valuation Handbook: Mining and Energy Valuation for Investors and Management, Wrightbooks; 4 edition, 624 pp., 2012.
5. Rundge I., Mining Economics and Strategy, Society for Mining Metallurgy & Exploration, 1 edition, 316 pp., Littleton, Colorado, 1998.
6. Torries F. T., Evaluating Mineral Projects: Applications and Misconceptions, Society for Mining Metallurgy & Exploration, 172 pp., Littleton, 1998.
7. Miller, C. G., Concurrent Engineering Design: Integrating the Best Practices for Process Improvement, Society of Manufacturing Engineers; 1st ed edition, 319 pp. Michigan, 1993.
8. Hitt M. A., Ireland R. D., Hoskisson R. E., Strategic Management: Competitiveness and Globalization - Concepts and Cases, South-Western College Pub, 11th Edition, 896 pp., Stamford, 2014.
9. Powell J. M., The New Competitiveness in Design and Construction: 12 Strategies That Will Drive the 21st-Century's Most Successful

Firms, Wiley, 427 pp., Washington, 2008.
10. Papić Lj., Zeljković, V., Šarenac, M. (2004), Design in Concurrent Engineering Environment, Proceeding of 7th Internationa Conference Dependability and Quality Management DQM-2004, 389-395, Beograd.
11. Drucker P. F., Management, HarperBusiness, Revised edition, 608 pp., New York, 2008.
12. Mulhearn C., Vane H., Eden J., Economics for Business, Palgrave Macmillan, 432 pp., 2001
13. Froeb L., McCann B., Shor M., Ward M., Shor M., Managerial Economics, A Problem Solving Approach, Sout-Western, Cengage Learning, 4 edition, 352 pp., Boston, 2015.
14. Render B., Stair Jr. R. M., Hanna M.E., Hale T.S., Quantitative Analysis for Management, Pearson, 12th Edition, 608 pp., Boston, 2014.
15. Tošović R., Geološko-ekonomsko modeliranje polimetaličnog ležišta Rudnik, Katedra ekonomske geologije Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Poseb. izd. Br. 8, 226, Beograd, 2006.
16. Tošović R., General Review of Mineral Economy in Modern Conditions of Sustainable Development, XVI Serbian Geological Congress, Faculty of Mining and Geology, 156-162, Donji Milanovac, 2014.
17. Tošović R., Milovanović, D., Relacije geološko-ekonomske ocene ležišta mineralnih sirovina i prifizibiliti i fizibiliti studije pri oceni mineralnih resursa Srbije, Zbornik savetovanja IMES'03, 252-260, Aranđelovac, 2003.
18. Tošović R., Economic Analysis in Evaluation of Mineral Resources in Mineral Economy, Proceeding of 20th International Conference Dependability and Quality Management ICDQM-2017, in press, Belgrade, 2017.
19. Tosović R., Economic evaluation of mineral resources from the standpoint of business and social profitability, International Journal of Research - Granthaalayah, Vol. 4, No. 10, 46-52 pp., 2016.
20. Tošović R., Management of Business Investment, Investment Decision-Making in the Company and Economic Evaluation of Mineral Deposits, 5th International Conference COAL 2011, Zlatibor, 2011.
21. Tošović R., Management in Modern Conditions of Serbian Mineral Economy, MISKO 10, 411-434, Belgrade, 2010.

22. Tošović R., Geological-Mathematical and Economic Informations in Geological-Economic Study of Mineral Resources. The International Journal of Engineering and Science (IJES), Volume 6, Issue 7, 57-60 pp., 2017,
23. Tošović R., Business Decision Making and Efficiency in the Allocation of Production Resources in Sustainable Mineral Sector, International Scientific Conference on Objectives of Sustainable Development in the Third Millennium, 64-65, Belgrade, 2017.

CLIMATE CHANGE AND THE EMERGENCE OF HEAVY RAIN IN THE AREA OF THE KOLUBARA COAL BASIN

KLIMATSKE PROMENE I POJAVA VELIKIH KIŠA NA PROSTORU KOLUBARSKOG UGLJONOSNOSNOG BASENA

Vučković B.[1], Stojković H.[2], Rakijaš M.[3], Vučković J.[4]

Abstract

This paper provides an overview of climate change and its influence on the emergence of large rainfall which flooded open pit mines of Kolubara, and briefly reminded us of the power and force of nature. Huge amounts of water, resulted from the outpouring of the Kolubara River together with its tributaries, flooded the Kolubara lignite open pits in May 2014, with over 210 Mm^3 of water. Apart from open pits, the flood made tremendous damage in the surroundings of this lowland area.

Key Words: Geology, water, flood, environment

Apstrakt

Ovaj rad daje prikaz klimatskih promena kao i njihov uticaj na pojavu velikih kišnih padavina koje su potopile površinske kopove Kolubare i na kratko ponovo podsetile na moć i silu prirode. Ogromna količina vode,

[1] Vučković Bogoljub, JP EPS, Ogranak RB Kolubara, Lazarevac
[2] Stojković Hranislav, CSEBA, Beograd
[3] PhD Rakijaš Milovan, Hidro-Georad, Beograd
[4] Vučković Jovan

nastala izlivanjem reke Kolubare i njenih pritoka, potopila je u maju 2014. godine kopove rudnika lignita Kolubara, sa preko 210 Mm^3. Osim površinskih kopova, poplava je načinila i ogromnu štetu i u široj okolini ovog ravničarskog područja.

Ključne reči: Geologija, vode, poplave, životna sredina

1 Regional status

Kolubara Coal Basin (KCB) is located in western Serbia, 50 km southwest of Belgrade, occupying an area of 600 km^2. The basin is composed of a metamorphic complex (Underlying basin), igneous (Local) and sedimentary (with coal, the most important, determining the economic value) rocks of Paleozoic (Pz), Mesozoic (Mz) and Cenozoic (Kz) eras. KCB with its coal deposits is the backbone of the mining production of lignite in Serbia. The annual production from the 4 active surface mines is 30 Mt of coal and up to 80 Mm^3 of overburden. Almost all quantities of coal (28 Mt) are used in thermal power plants complexes Nikola Tesla A and B (TENT and TENT B) in Obrenovac and thermal power plant Kolubara A in Veliki Crljeni. From this amount of coal (75% of coal production in Serbia), Serbia received nearly 60% of electricity. The rest 2 Mt are used by the general public.

2 Geological explorations in KCB

Diverse and extensive geological research has been done in the last 70 years in the basin. More than 5,000 exploration wells were drilled, with 500,000 m of drilling. As a conclusion, this research resulted in finding more than 4 billion tons of lignite in numerous explorations and exploitations of fields, with additional significant non-metallic (sand, gravel, clay, quartz sand, diatomaceous earth) mineral resources.

3 The geological structure of KCB

KCB is built of rocks from the Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic eras. The base (foundation) of the area is built by Paleozoic schistose rocks. Locally in the peripheral parts of the basin, sedimentary and igneous rocks of Mesozoic era are registered. Transgress through them there are deposits of Cenozoic Miocene / Pliocene series of sedimentary rock that is productive in coal. In addition to coal, there are Non-Metallic Resources (NMR). Within the sedimentary rocks series, there are findings

and significant mass of useful supporting NMR (quartz sand, sand, clay and diatomaceous earth, which has been long excavated). As the final component of the formation regions, Quaternary clay and gravel appear in the highest levels.

4 Importance of Kolubara coal

So far 1.1 Bln tons of lignite have already been excavated; 1 Bln tons are in the exploitation phase; 1 Bln tons are in the investment phase of excavation; and the last 1 Bln tones are in the process of geological exploration. Estimates indicate a possible unrestricted exploitation in the next 30-50 years.

Four important deposits were exploited in the open pits, and their operations were completed. Open pit Field A was finished in the early '60s, Tamnava-East Field in 2005, the Field B in 2014 and the last open pit mine Veliki Crljeni in 2015. The main tray and open pit Field D operations are also nearly finished. The remaining deposits (mining fields) are arranged around the basin and each of them has its own special level of geological exploration and character. On one hand there are reservoirs which are in the 'early' stage of geological exploration, while on the other hand, there are extremely well-researched deposits which are in the exploitation phase. This defines the economic value of the company.

Previously stated about the extent of coal production clearly reflects the importance of the Kolubara lignite in the context of Serbian industry and economy. In total, the excavation is 75% of coal production in Serbia, which provides approximately 60% of electricity. The Company employs approximately 13,500 employees. The value of coal in terms of the transfer price to the thermal power plants, reaches more than 400,000,000 €. Expressed in value of the electric energy, it’s around 4 times more, i.e. > 1.5 Bln €. These indicators suggest that Kolubara Coal Mines (KCM) are of huge national importance. In addition to coal, quartz sand and gravel, which are extracted in smaller quantities, are undoubtedly of regional importance.

5 Flood 25,000,000 years ago

In geological terms, the climate conditions on Earth have drastically changed over the 4.5 B years. They have always had a significant impact on relief, arrangement of land and sea, and particularly on the wildlife of that period. Numerous scars on the surface indicate the changes. Due to

the changes of hot and cold air, the volume of ice sheets changes, and therefore also the amount of water accumulated in them.

In periods of colder climate (Figure 1 and 2), a large amount of water gets trapped in ice sheets, which extend deep into the south from the North Pole. We note that a number of ice ages cyclically repeat, even more recently (Figure 2).

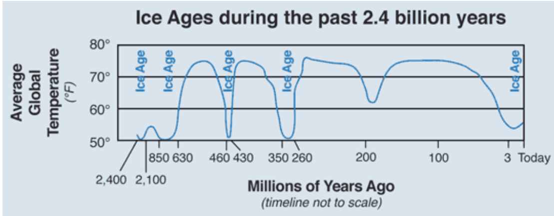


Figure 1 Ice Age during the past 2.5 B years (www.wikipedia, 2016)

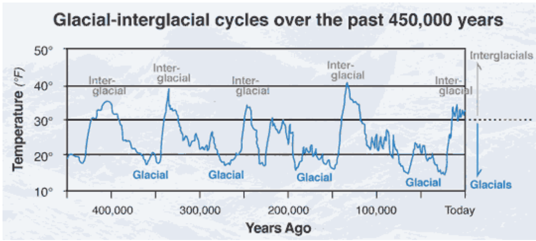


Figure 2 The glacial-interglacial cycles over the past 450,000 years (www.wikipedia, 2016)

It can be noticed that there are shifts of ice age and warmer periods frequently, which are repeated cyclically during a long geological history (Figure 1), and even recently (Figure 2). After ice sheets are melted, world sea levels are raised and many lowlands are submerged as numerous bodies of water merge into one (Figure 3 and 4).



Figure 3 Spatial distribution of water surface of the ocean Paratethys from the time prior to 17 years of 13 M (www.wikipedia, 2016)

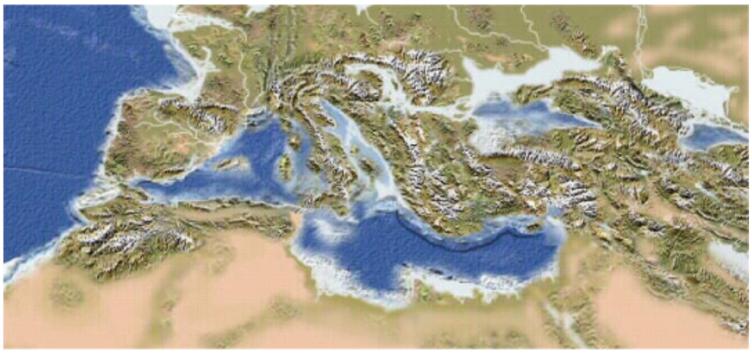


Figure 4 Spatial distribution of water surfaces Paratethys, after stabilization,in the period before 10 M years of M (www.wikipedia, 2016)

Finally, in the Miocene epoch 10 million years ago, the Pannonian Sea was formed (Figure 5), which covered the area with the deposits of Kolubara coal. At the end of the Miocene (10 million years), after the longest period in early Pliocene (which takes up to 0.5 Million years), the sea began to gradually dry out and withdraw. In the peripheral areas of the Pannonian Sea, swamps with lush vegetation had formed. Coal deposits were formed from the various plants, which are 3, 5 or 7 million years old. This is the condition they are in today, as their exploitation is carried out.



Figure 5 Pannonian Sea. Its approximate extension (during the Miocene Epoch). Current borders and settlements superimposed for reference, red dot represents the area of the Kolubara lignite (Wikipedia, 2016)

After the final stages of drying of the Pannonian Sea, water basins

of fresh water were lagging behind in the last 100,000 years, with large river watercourses. Except for the occasional river floods, which left behind barely visible traces, there was total immersion of sea water in this area.

6 Flood in 2014

The flood caught the Republic of Serbia totally unprepared. During 2014 there was a historical 'millennial' maximum rainfall, especially during the month of May. Heavy rains have caused flooding in the narrow and wider area around the KCM, during which surface mines Veliki Crljeni and Tamnava-West Field were completely immersed. The Hydro Meteorological Service of the Republic of Serbia (RHMS) has processed data about these floods by the end of March 2015, and on this occasion they mentioned partial information about this precipitation (excerpt from Meteorological Conditions in May 2014 and the ability to forecast heavy rainfall, RHMS Serbia, Belgrade June 2014):

After cold and rainy weather prevailed over the Republic of Serbia in the period from 3rd to 5th May 2014, the weather had a stabilization time for a period of 6 days. From day to day the temperature rose, and on the 12th and 13th May the temperature was between 18^{o}C and 25^{o}C. The penetration of cold air over Western Europe and the Alps, on May 13th (Figure 6)*, caused the deepening of altitude valleys, in which they moved a frontal system associated with the cyclone in the Adriatic, causing rain showers and thunder.*

The next day, 14th May, the advection of cold air over the Alps to the central Mediterranean continued, which caused a further deepening of the height of the valley, and then trimming the height of the cyclone with the center over the Balkan Peninsula and the Pannonian Plain. At the same time, the cyclone collected additional moisture from the Mediterranean and the Black Sea and dragged the cold air from the north to the reinforcement of the wind. The highlight of the development of the cyclone reached on May 15th, with the center over western Romania and the lowest value of pressure on the ground floor of 996 hPa. Center on the ground floor of the cyclone was moving over the Gulf of Genoese Apennines, southern Adriatic Sea, south of the Republic of Serbia, Bulgaria and Romania, and then made a path in the form of an elliptical "loop" over the southeastern part of the Pannonian Plain (area of northern Serbia, Eastern and South-western Hungary and Romania). On this occasion, the cyclone has departed from the usual path to the Black Sea.

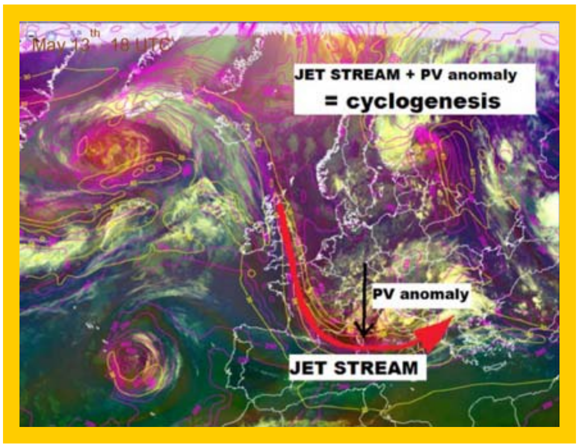


Figure 6 Satellite image of cloudiness Airmass RGB and fields Izotahi at 300 hPa (yellow line) and the amount of PV = 1.5 (purple line) for 13 May 2014 at 18 UTC, Source EUMeTrain

Intensive processes in the cyclone caused the formation of a thick layer of clouds (up to 8 km) and the strong and prolonged rainfall. During this period, over the area of Bosnia and Herzegovina, the Republic of Srpska and the greater part of the Republic of Serbia (central and western areas), with the cold and windy weather, continuous heavy rain was falling, and it was snowing on the mountains of height above 1,500 m, forming a snow cover (Bjelasnica 45 cm, 56 cm Kopaonik). On the 16th and 17th May, the cyclone weakened and the concentration of rainfall directed towards the north, so short-term rain and local showers were only above the Republic of Serbia. It remained in this region until the 18th May 2014, after which it moved to the north.

The analysis of rainfall on the territory of the Republic of Serbia in the period from the 12th to 18th May 2014 is as follows:

It had rained continuously on the 14th and 15th May. The amount of precipitation was a record, and in some locations within the western parts of the Republic of Serbia, it exceeded one third of the total annual rainfall. In most areas it ranged from 50 l/m² up to 100 l/m², in western Serbia from 170 l/m to 220 l/m², and in some places near Valjevo it exceeded 300 l/m². Also, the rain had fallen in the northwest, south and southeast of Valjevo and in the southeastern Banat (Figure 7).

In the period from the 13th to 16th of May 2014, all the previous rainfall records were broken, which speaks volumes about the extreme depth of the cyclone. On May 15th, a new record in Belgrade was set, with a one-day rainfall of 107.8 l/m. In the period from the 12th to 16th of May,

a 177.3 l/m² of rain fell in Belgrade. The previous five-day high of 156.0 l/m² was from 09th to 13th July 1999.

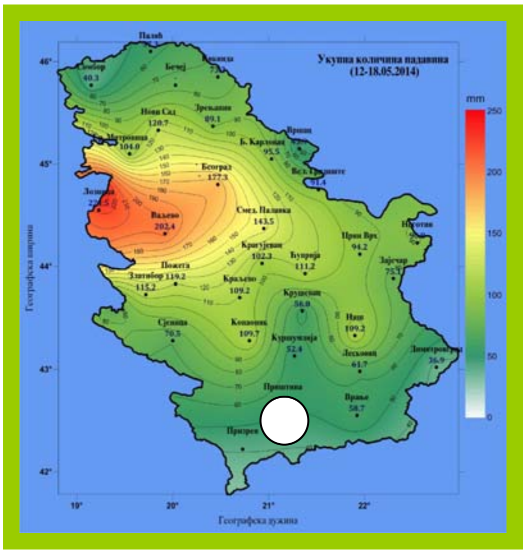


Figure 7 Isohypses of total precipitation on the territory of the Republic of Serbia in the period from 12 to 18 May 2014 (white dot shows the relative geographical position of the Kolubara coal mines)

In the period from 17th April to 16th May 2014, 321.6 l/m² of rain fell in Belgrade, which is 38.6 l more than the previously rainiest 30-day period at the turn of June to July 1999. There is a new monthly record for rainfall with 280.4 l/m² (up to mid-May it was down to 263.2 l/m² of rain). The previous monthly high of 262.5 l/m² was in July 1999. Otherwise, from the beginning of the year a total of 436.2 l/m² of rain has fallen in Belgrade, which is a new record for the period up to 16th May 2014. In the past month it fell to 73% of the amount of rain. The most rainy day (15th May 2014) in Belgrade was significantly colder than average. The highest daytime temperature being 12°C, it is lower than the long-term average for that date.



Figure 8 Map of flooded areas, CNN, May 2014

KCM was in the center of these events. Because of the overflowing of the river Kolubara, open pit mines Veliki Crljeni (VC) and Tamnava-West Field (TWF) were completely submerged (Figure 9, 10). The amount of water in both pits (TWF with 180,000,000 m^3, and VC with 30,000,000 m^3) amounted to 210,000,000 m^3, which means the volume was higher than Vlasina Lake. Excavators were submerged, the production was entirely suspended, but without casualties.



Figure 9 Photo of the sunken pit mine Tamnava-West Field, May 2014



Figure 10 Pumping water from the submerged open pit mine Tamnava-West Field, May 2015

In the previous figures we can see the flooding and the amount of accumulated water in the space of two open pit mines. Pumping began immediately after the flood, after several months, where extremely powerful pumping equipment of foreign manufacturers was engaged. The job of pumping out the water was completed in less than one year. In May 2015, production was slowly returning to normal.

7 Effect of floods on the environment, after year 2014

There were a lot of catastrophic consequences on this occasion in the whole Balkan region. Including the problems in the Kolubara mining basin, the impact of the disruption of production and the damage to its immediate environment.

The sudden advent of large quantities of water from the west to the east also extracted large amounts of sludge, wastewater and other waste. The entire regional water supply and sewage systems were devastated and washed, as well as waste storage of numerous companies. Private households have suffered enormous damage, because the barns and stables and their waste were emptied, as well as the numerous septic tanks around the area. The upcoming water was biologically and chemically contaminated. The space (holes) of open pit mines in Kolubara was a very favorable place for the 210 million m^3 of water (Figure 11) to flow into, and after a one-year standstill and deposition of silt, and after pumping, the contaminated sediment remained on the bottom of the pits. A considerable amount of pollutants remained stored in the area, which was then filled in, and therefore no longer poses a threat to the environment.

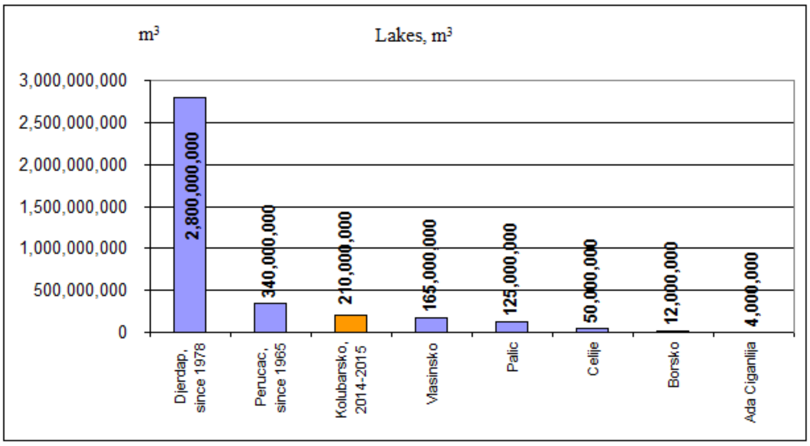


Figure 11 Comparative review of the amount of water in selected lakes in Serbia (Vuckovic et al., 2017)

Despite huge losses, the power of nature and its rapid recovery proved to be amazing. Just a few days after drying, the surrounding land looked almost normal, and the traces of flooding and visible significant damage remained only on artificial objects.

After this event, Electric Power Industry of Serbia and KCM fast-tracked the procedure of building protective barriers around the above mentioned mines, in order to prevent the same or similar adverse flood impacts on mining production.

8 Possibility of floods after year 2017

Of course there is a possibility of floods after year 2017. The impact of global warming is obvious. Elevated temperatures are registered across planet Earth, which affect the melting of the polar ice cover. Huge amounts of water are released, and besides being discharged into the world's oceans, largely evaporate and increase the water saturation of air masses.

Heated water saturated air masses circulate mainly around the equator, causing stronger and more frequent natural disasters such as hurricanes, tsunamis, cyclones, anticyclones, precipitation, storms, etc., which was not the case in previous years.

There are many scenarios of climate change at the global level. A joint statement of world experts is that there will be a raise in the level of world seas and oceans, and that the lower regions will be sinking across the globe. One of the possible scenarios can be seen in Figure 12.



Figure 12 The map of the Balkans according to the forecasts if the polar blanket dissolved
(Vargic M, Slovakia, 28.02.2017)

Fortunately, it is estimated that this scenario will not happen until the end of the XXI century. However, the possibility of re-increased precipitation and related consequences cannot be excluded.

9. Conclusion

This was an occasion where a professional-scientific way to explain the flood of 2014 was needed. It was also a chance for scientific and professional consideration of the phenomena that rains are causing major flooding for thousands of years. The process of climate change on the planet should be discussed, but not feared, because it is always in progress, and climate extremes in the coming future should be expected.

References

1. Jankovic V.: Geothermal Energy: How to Take Advantage of Hidden Potential of Serbia - Jefferson Institute, USA, 2009
2. Krstić M. V., Čolić V., Vučković B.: Sagorevanje uglja u toplani Lazarevac i njen uticaj na životnu sredinu - X. Međunarodna konferencija o površinskoj eksploataciji, 17-20. okt. 2012., Zlatibor, str. 155-166, 2012

3. Milivojevic M., Martinovic M.: Utilization of Geothermal Energy in Serbia - International Geothermal Conference, Reykjavik, Iceland, 2008.
4. Martinovic M., Milivojevic M.: Geothermal Energy Utilization in Serbia - New Aproach - United Nations University, Geothermal Training Programme, 30th Aniversary Workshop, Reykjavik, Iceland, 2008
5. Oudech S., Djokic V.: Geothermal Energy Use, Country Update for Serbia - World Geothermal Congress, Melburne, Australia, 2015
6. Vuckovic B., Nesic D., Bogdanovic V., Ilic Z.: Sustainable Development in Kolubara Coal Mines, Serbia - Non Metallic Resources as a Significant Additional Coal Open Pit's Income (Possible $ Scenario) - VII International Brown Coal Mining Congress, 13-17 April, Belchatow, Poland, 2011., p. 727-734, 2011
7. Vučković B., Nešić D.: Beyond 2010, održivi razvoj na površinskim kopovima uglja RB Kolubara - šta posle završetka otkopavanja uglja? - Rudarstvo 2010, Vrnjačka Banja str. 289-300
8. Vuckovic B., Nesic D.: Beyond 2010, Sustainable Development in Kolubara Coal Mines, Serbia - SGEM 11th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, 20-25 June, Albena, Bulgaria, 2011., p. 727-734, 2011
9. Vučković B., Nešić D., Krstić M. V., Vučković M., Radovanović B.: Hemijski elementi u uglju kao zagađivači životne sredine sa posebnim osvrtom na sumpor - 28. Međunarodno Savetovanje Energetika 2012, 27-30. mart 2012., Zlatibor, str. 261-266, 2012
10. Vučković B., Nešić D., Anđelković N., Radovanović B., Ranković A.: Analiza geološke istraženosti rudnih polja Kolubarskog ugljonosnog basena, Srbija - 3. Simpozijum sa međunarodnim učešćem Rudarstvo 2012, Zlatibor, str. 99-107, 2012
11. Vuckovic B., Nesic D., Andjelkovic N.: Geological Exploration Investments - What Does it Worth? (Review of Kolubara Coal Mines, Serbia) - SGEM 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, 17-23 June, Albena, Bulgaria, 2012., p. 593-602, 2012
12. Vuckovic B., Nesic D.: Sulfur in Lignites of Kolubara Coal Mines (KCM) - Environmental Friendly? - SGEM 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, 16-22 June, Albena, Bulgaria, 2013., p. 743-748, 2013
13. Vučković B.: Geološka istraživanja uglja na polju G, Kolubarski ugljonosni basen - prethodna i planirana, sa posebnim osvrtom na sumpor - X. Savetovanje sa međunarodnim učešćem, Zaštita životne

sredine i održivi razvoj Energetika i rudarstvo 2014, 11-13. mart. 2014., Tara, Srbija, str. 403-415, 2014

14. Vučković B.,Vulićević M., Radosavljević S., Ignjatović M.: Komparacija odabranih prirodnih i veštačkih izvora emisije SO_2 i uticaj na životnu sredinu - V Simpozijum sa međunarodnim učešćem Rudarstvo 2014, 20-22 maj 2014, Vrnjačka banja, Srbija, str 403-415, 2014
15. Vuckovic B., Radosavljevic S., Ignjatovic M., Bakic V.: Investments in Geology Explorations - Results (Review of the Kolubara Coal Mines, Serbia) - 47^{th} IOC, International October Conference on Mining and Metallurgy, 04-06 October, Bor Lake, Bor, Serbia, 2015., p. 41-44, 2015
16. Vučković B., Radovanović B., Petrović N.: Kolubara Lignite Combustible Sulfur Environmental Impact - Natural and Atificial Sources Comparison - V Međunarodni simpozijum Rudarstvo i zaštita životne sredine, MEP 2015, 10-23 jun 2015, Vrdnik, Srbija, str 120-129, 2015
17. Vučković B., Simić Ž., Stevanović-Petrović N., Radovanović B. : Geološke i eksploatacione rezerve ležišta uglja Veliki Crljeni, kolubarskog ugljonosnog basena - prikaz iskorišćenja u veku eksploatacije - VI Međunarodna konferencija UGALJ 2015, Zlatibor, Srbija, str. 459-466, 2015
18. Vučković B., Ignjatović M., Stojković H., Šubaranović T.: Kolubarski lignit - energetska vrednost (komparacija sa odabranim prirodnim i veštačkim materijalima) - VI Savetovanje sa međunarodnim učešćem, Zaštita životne sredine i održivi razvoj Energetika i rudarstvo 2016, Drvengrad, Srbija, str. 22-41, ISBN: 978-86-80420-02-8, 2016
19. Vučković B., Stojković H., Ignjatović M., Šubaranović T.: Comparison of kolubara lignite value (with selected natural and artificial materials) - Natural indicators - XXXII Međunarodno savetovanje Energetika 2016, Zlatibor, Srbija, str. 459-466, 2016
20. Vučković B., Stojković H., Rakijaš M., Šubaranović T.: Kolubara lignites sulphur - environmental friendly ?, I Međunarodna Naučna Konferencija Ekološka Kriza: Tehnogeneza i Klimatske Promene, ECOLOGICA 2016, Belgrade, Serbia, str. 244-249, ISSN 0354-3285 UDC: 614.8:502.58, 2016
21. Vučković B., Rakijaš M., Šubaranović T., Ignjatović M., Stojković H.: Kolubarski lignit - energetska vrednost - VII Simpozijum sa međunarodnim učešćem, Rudarstvo 2016, Sremski Karlovci, Srbija, str. 70-77, ISBN: 978-86-80420-03-5, 2016

22. Vuckovic B., Stojkovic H., Ignjatovic M., Subaranovic T., Rakijas M.: Comparison of kolubara lignite value (with selected natural and artificial materials) - natural indicators, 13th International Symposium Continuous Surface Mining, ISCSM 2016, Belgrade, Serbia, p. 657-673, ISBN: 978-86-83497-23-2, 2016
23. Vučković B., Bačanac V., Bakić V.: Operativni troškovi geoloških istraživanja na odabranim ležištima lignita - rudarski basen kolubara, Srbija, I Međunarodni Simpozijum INVESTICIJE, NOVE TEHNOLOGIJE U RUDARSTVU I ODRŽIVI RAZVOJ 2016, Šabac, Srbija, str. 79-87, ISBN: 978-86-80464-04-6, 2016
24. Vučković B., Drljević N., Stevanović-Petrović N., Rakijaš M., Ignjatović M. : Panonsko more pre i beyond 2014, uticaj na životnu sredinu, Kolubarski ugljonosni basen, Srbija - V. Simpozijum sa Međunarodnim učešćem Zaštita Životne Sredine i Održivi Razvoj Energetika i Rudarstvo 2017, 15-17. mart 2017., Tara, Srbija, str. 23-38, ISBN: 978-86-80420-12-7, 2017
25. Jovičić V., Nešić D., Vučković B., Obradović M.: Kolubarski lignit - energetska vrednost i poređenje sa solarnom energijom (prethodna razmatranja) - II Savetovanje sa Međunarodnim učešćem ODRŽIVA Energetika 2017, 22-23. mart 2017., Vrnjačka Banja, Srbija, str. 47-57, ISBN: 978-86-80464-05-3, 2017